

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Škola v Bhútánu**

**Natálie Muchová
2017**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Procházka Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 28. 5. 2017

.....

Natálie Muchová

..

Poděkování

Ráda bych chtěla poděkovat Ing. Michalu Procházkovi Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za metodické vedení, zájem, odborné připomínky a čas, který mi věnoval.

Mé poděkování patří také Ing. Janu Tilingerovi Ph.D., za cenné podněty během mého bakalářského studia a hodnotné rady i náměty při otázkách, na které jsem při práci narazila.

Dále děkuji Ing. Martinu Knapovi Ph.D. za poskytnutí projektové dokumentace Brontosauři a také Ing. Zbyňku Ulčákovi Ph.D. a Chimi Wangmo za informace a doporučení, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Muchová Jméno: Natálie Osobní číslo: 410138

Zadávající katedra: K122 Katedra technologie staveb

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3607R045) Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Škola v Bhútánu

Název bakalářské práce anglicky: School of Bhutan

Pokyny pro vypracování:

Rešerše na téma stavitelství v rozvojových zemích se zaměřením na Bhútán

Stavební projekt (v přiměřeném rozsahu)

Stavebně technologický projekt + technologické postupy na vybrané procesy

Seznam doporučené literatury:

Bhutan building rules 2002

Prof. Dr.-Ing. Gernot Minke

doc. Ing. arch. Petr Suske, CSc

doc. Ing. Ivana Žabičková, CSc

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michal Procházka Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 3.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Anotace

Bakalářská práce se zabývá stavbou školy v odlišných přírodních a kulturních podmínkách. Stručná teorie vede k zamyšlení nad výběrem vhodných materiálů a dispozic, z níž vychází projekt školy zabývající se konstrukčním a stavebně technologickým řešením.

Škola, Bhútán, lokální materiály

Annotation

The bachelor thesis is dealing with construction of the school in different natural and cultural conditions. Brief theory leads to reflection over the choice of suitable materials and dispositions, from which the project of the school dealing with constructional and structural-technological solutions is based.

School, Bhutan, local materials

Obsah

Úvod	9
Cíle	10
1. Teoretická část	11
1.1. Stavitelství v rozvojových zemích	11
1.1.1. Rozvojové země	11
1.1.2. Problémy stavitelství v rozvojových zemích	11
1.2. Výchozí informace pro návrh školy v Bhútánu	12
1.2.1. Kulturně, sociálně ekonomické prostředí	12
1.2.2. Vzdělávání	13
1.2.3. Lokalita a klima	15
1.2.4. Architektura a stavitelství v Bhútánu	22
1.3. Lokální přírodní stavební materiály	26
1.3.1. Dusaná nepálená hlína	26
1.3.2. Dřevo	29
1.4. Využití přírodních zdrojů a procesů pro stavby	30
1.4.1. Sluneční energie	30
1.4.2. Geotermální zdroje	33
1.4.3. Kořenová čistírna odpadních vod	34
2. Projekt školy	36
2.1. Základní údaje, účel objektu, lokalita	36
2.2. Dispoziční řešení	37
2.3. Konstrukční a materiálové řešení	38
2.3.1. Zemní práce a základové konstrukce	38
2.3.2. Svislé nosné konstrukce	38
2.3.3. Vodorovné nosné konstrukce	39
2.3.4. Střecha	39

2.3.5. Povrchové úpravy	39
2.3. Statický výpočet.....	40
2.3.1. Únosnost v patě stěny	40
2.3.2. Stropní konstrukce - průvlak.....	42
3. Stavebně technologické řešení	45
3.1. Posouzení projektové dokumentace.....	45
3.2. Rozdělení na etapy, stanovení směru postupů výstavby etapových procesů.....	48
3.3. Technologický postup	48
3.3.1. Štětová vrstva.....	48
3.3.2. Dusaná hlína	49
3.3.3 Hliněné omítky.....	51
3.4 Rozborový list	52
3.5 Technologický normál.....	54
3.6 Časoprostorový graf	55
3.7 Zařízení staveniště	55
4. Doporučení pro další postup	56
5. Závěr	56
6. ZDROJE.....	56

Úvod

Stavební průmysl je jedním z odvětví, které nejvíce zatěžuje a devastuje přírodní prostředí. Rostoucí populace, nároky na kvalitnější, prostornější, modernější bydlení, tendence věci obměňovat, celosvětový trh a další, k zátěži jen přispívají. I když se v posledních letech veřejnost vyspělých zemí stále s větším zájmem upírá k přírodním materiálům a nízkoenergetickým stavbám v rozvojových zemích se setkáváme s tendencí opačného charakteru. Rozvojové země jsou zaplavovány množstvím nekvalitních a drahých materiálů, které využívají bez základních stavebních principů. Tento fakt vede k zániku místních řemesel, centralizaci výroby, k nepříjemnému klimatu v budovách a v nejhorším případě ke kolapsům konstrukcí.

Bhútán je jedna ze zemí, která si uvědomuje, že pouhý ekonomický pokrok nevede k harmonicky fungující a šťastné společnosti. Bhútáncům nejde o co největší domácí produkt ale o velké národní štěstí.

Smyslem této bakalářské práce je s touto filozofií pracovat, podpořit přístup k vzdělání, dbát na zdravé životní prostředí a zachovat přírodní a kulturní dědictví.

Obsahem bakalářské práce je návrh školy v městě Gasa v Bhútánu. První část je stručná teorie, která vede k zamyšlení nad výběrem vhodných materiálů a dispozic, z níž vychází část druhá, což je projekt školy zabývající se konstrukčním řešením. Třetí částí je stavebně technologické řešení.

Cíle

Hlavním cílem bakalářské práce je návrh školy ve městě Gasa v Bhútánu.

Cíl 1: Teoreticky popsat problematiku stavitelství v rozvojových zemích a popsat podmínky z kterých bude návrh zpracován. Důležité je zaměřit se na přírodní podmínky, dostupnost materiálu a místní architekturu.

Cíl 2: Navrhnout stavebně konstrukční řešení budovy v rozsahu jednoduchého projektu.

Cíl 3: Navrhnout stavebně technologické řešení.

1. Teoretická část

1.1. Stavitelství v rozvojových zemích

1.1.1. Rozvojové země

V průběhu 50. a 60. let minulého století došlo díky národně osvobozenecným bojům k rozpadu koloniálního systému a k vyhlášení nových nezávislých států. V souvislosti s tímto procesem hovoříme o vzniku rozvojového světa. Termín „rozvojové země“ byl poprvé oficiálně použit v roce 1964 na první Konferenci OSN pro obchod a rozvoj - UNCTAD (HOLUB, 1997). Koloniální minulost se negativně projevila ve společenské a ekonomické struktuře postkoloniálních států (KUNA, 2010). BENEŠOVÁ (1999) uvádí, že: *„rozvojové státy jsou ekonomicky méně rozvinuté země s relativně nízkým hrubým národním produktem na jednoho obyvatele, vysokým podílem obyvatelstva pracujícího v zemědělství, nízkým stupněm zpracování surovin, nekvalitní infrastrukturou, nedostatkem kvalifikovaných pracovních sil, nižší gramotností a střední délkou života. Je však nutno podotknout, že „žádná země neodpovídá jednomu modelu, každá má svá specifika, vlastní historii, strukturu společnosti, která se nějak vyvíjela“ (WAISOVÁ, 2005).*

1.1.2. Problémy stavitelství v rozvojových zemích

V současné době se stavitelství v rozvojových zemích stále více inspiruje zeměmi vyspělými, méně se pak uplatňují dlouhodobé stavební zkušenosti z daných lokalit. V rozvojových zemích upadá používání tradičních přírodních materiálů, které nahrazují materiály, jako jsou například beton a plech. Nedostatečná odbornost s těmito materiály, která souvisí s nízkou úrovní vzdělaností, může vést ke katastrofám, jako jsou kolapsy konstrukcí, ale také přinášejí zátěž ekologickou a lokálně ekonomickou.

Při zemětřesení na Haiti v roce 2010 FIERRO (2010) prohlásil, že toto zemětřesení je inženýrská katastrofa. Budovy nebyly navrženy dle základních stavebních pravidel jako například dimenzování velikostí svislých a vodorovných železobetonových konstrukcí, absence výztuže, nekvalitní beton

či špatné podloží. Dle SMRŽE (2010) můžeme také zmínit nevhodné klima v budovách, díky tomu, že jejich zdi jsou hermetizovány cementovými omítkami a neposkytují snadno možné zvýšení kvality bydlení ve srovnání s omítkami vápennými či hliněnými, právě díky omezeným sorpčním vlastnostem povrchové vrstvy.

„S ohledem na to, že velká část světové populace, zejména v rozvojových zemích, postrádá bydlení, nebude možné uspokojit tak velkou poptávku po průmyslových stavebních materiálech, jako jsou např. cihly, beton nebo ocel. Na to není ve světě dostatek kapitálových zdrojů ani výrobních kapacit.“ (MINKE, 2009)

Pro návrh stavby v rozvojových zemích je nutné dbát na udržitelnost a původní tradice. Je vhodné používat lokální materiály pro podporu lokálního trhu, nikoli dlouhých dopravních cest materiálů a centralizace výroby. Nesmíme také opomínat na možnosti využití a oprav technologií se stavbami společnými. Jako základní body pro návrh stavby můžeme uvést kulturně, sociálně ekonomického prostředí, dané klima a dostupnost materiálu.

1.2. Výchozí informace pro návrh školy v Bhútánu

1.2.1. Kulturně, sociálně ekonomické prostředí

Bhútán je jedinečný svým unikátním rozvojovým konceptem známým jako Hrubé národní štěstí (GNH). Zatímco ve většině zemí se západní přístup k rozvoji soustředí na zvyšování Hrubého národního produktu (GDP) s cílem zlepšení ekonomiky země, Bhútán se vydal směrem založeným na zlepšení celkového blahobytu, pohody, zdraví a štěstí obyvatel. Jádrem konceptu Hrubého národního štěstí tvoří čtyři prvky: řádná správa věcí veřejných, ochrana životního prostředí, zachování kulturního dědictví a socioekonomický rozvoj. Záměrem těchto čtyř pilířů je docílit rovnosti, poctivosti, soucitu, spravedlnosti, míru a udržitelného využívání prostředí.

System vládnutí v zemi je provázán se smyslem pro veřejnou etiku. Decentralizace přesunula pravomoc z centrálního řízení, díky čemuž mohou lidé řešit rozvojové výzvy na lokální úrovni. V rámci ochrany lidských práv je

Bhútán jednou z mála zemí na světě, který vkládá do zdravotnictví a vzdělání 20 % veřejných investic (UNDP AND BHUTAN, 2006). Hospodářství je založeno na zemědělství a zajišťuje živobytí pro více než 70% obyvatel, kteří jsou převážně samostatně výdělečně činní. Pracují na vlastní půdě a dále doplňují své příjmy ziskovými činnostmi v domácnosti (PAIN AND PEMA, 2004).

Bhútánská kultura a tradice jsou považovány za opěrný bod suverenity země, proto je zachování jedinečné identity s vlastním jazykem, etickým kodexem, oblékáním, architekturou a hodnotami, které formují každodenní život, vnímáno jako velice pozitivní a je potřeba je chránit. V důsledku toho se kultura a tradice používají jako odraz oficiálního uznání negativního efektu modernizace (UEDA, 2000). Základní znalost pro pochopení bhútánské kultury je buddhismus, který proniká do každodenního života. Modlitební praporky, kola, obrazy Buddhy a dalších náboženských postav jsou vyřezávány a malovány na útesech, připomínají návštěvníkovi, že aspekt každodenního života je formován buddhistickou vírou a inspirací jí.

1.2.2. Vzdělávání

Kultura a duchovní dědictví jsou uchovávány prostřednictvím vzdělávacího systému apelem na neodcizení se vzdělaných obyvatel od tradičních hodnot. Vzdělávací systém je také využíván k podpoře loajality, hrdosti a angažovanosti vůči národu a k pocitu komunitní harmonie založené na bohaté tradici. Toto uchovávání hodnot přispívá k zachování identity státu a tím bezpečnosti národa. Bhútánská vláda vynakládá veškeré úsilí ke snížení rozdílů v míře gramotnosti mezi chlapci a dívkami a snaží se dosáhnout rovnocenného vzdělání pro všechny. Dle studie UNICEF z roku 2012 navštěvovalo základní školu 79 % z celkového počtu dětí v zemi.

Až do zavedení západního stylu v roce 1960 byly jediným možným dostupným vzděláním kláštery. V dnešní době základní vzdělání trvá 11 let. Obsahuje jeden rok předškolní výuky, šest let základní školy, dva roky nižšího stupně střední školy a dva roky střední školy. Aby mohli studenti postoupit ze základního na nižší stupeň střední školy, musí absolvovat zkoušku. Další

zkoušku absolvují z nižšího stupně střední školy na střední školu. V roce 2003 byla v Bhútánu založena první vysoká škola s názvem Royal University of Bhutan.

Školní systém si klade za cíl poskytnout základní gramotnost, znalost bhútánské historie, geografie a tradice. Každý školní den začíná ranní modlitbou a hymnou. Bezplatné školství a učebnice jsou poskytovány všem studentům kromě studentů vysoké školy.

Tabulka 1 - Počet škol, studentů a vyučujících v Bhútánu

EDUCATION		(numbers)		
Schools/Students/Teachers	2013	2014	2015	
Total Schools	554	551	574	
Primary Schools	336	332	332	
Lower Secondary Schools	91	87	78	
Middle Secondary Schools	59	63	71	
Higher Secondary Schools	36	37	58	
Private Schools	32	32	35	
Institutes	19	22	21	
Tertiary Institutes	11	13	13	
Vocational Institutes	8	9	8	
Others	1,578	1,504	1,481	
Day Care Centres & ECCD	165	210	251	
Extended Classroom	111	107	96	
Special Institutes	8	8	11	
Continuing Education Centers	21	17	14	
Monastic Education (Lobdra, Shedra etc.)	388	388	388	
Non-Formal Centers	885	774	721	
Enrolment				
Schools	172,741	173,594	172,919	
Boys	86,555	86,368	85,849	
Girls	86,186	87,226	87,070	
Institutes	16,416	18,264	19,155	
Boys	9,307	10,358	10,946	
Girls	7,109	7,906	8,209	
Day Care Centres & ECCD	3,835	4,896	5,894	
Monastic Education (Lobdra, Shedra etc.)	12,389	12,389	9,584	
Non Formal Centres	9,628	9,628	7,618	
Teachers				
Schools	8,542	8,572	8,605	
Male	5,097	5,110	5,100	
Female	3,445	3,462	3,505	
Institutes ¹	699	770	693	
Male	540	582	513	
Female	159	188	180	
Day Care Centres & ECCD	330	435	510	
Non Formal Centres	875	784	724	
<small>¹ Teachers in Muenselling & Wangsel Institute including teachers who teach special needs in eight regular schools are counted under regular schools after 2013.</small>				

Tabulka 2 - Počet škol, studentů a vyučujících v regionu Gasa

EDUCATION	2013	2014	2015
Number of educational institutes (Includes pvt. schools-Nos)			
Tertiary institute under RUB	0	0	0
Central schools	0	0	1
Higher secondary schools	0	0	0
Middle secondary schools	1	1	1
Lower secondary schools	1	1	1
Primary schools	2	2	2
Extended class room	2	2	2
Non formal education centres		1	1
ECCD			
Other institutes
Educational Indicators (Includes pvt. schools)			
School enrolment (Nos.)	750	780	808
Male	407	405	448
Female	343	375	360
Teachers (Nos.)			
Male	43	47	46
Female	10	12	13
Student Teacher Ratio	14.15	13.22	13.69
Gross Primary Enrolment rate (%)			
Literacy rate (%) (BLSS 2012)	49.4		

1.2.3. Lokalita a klima

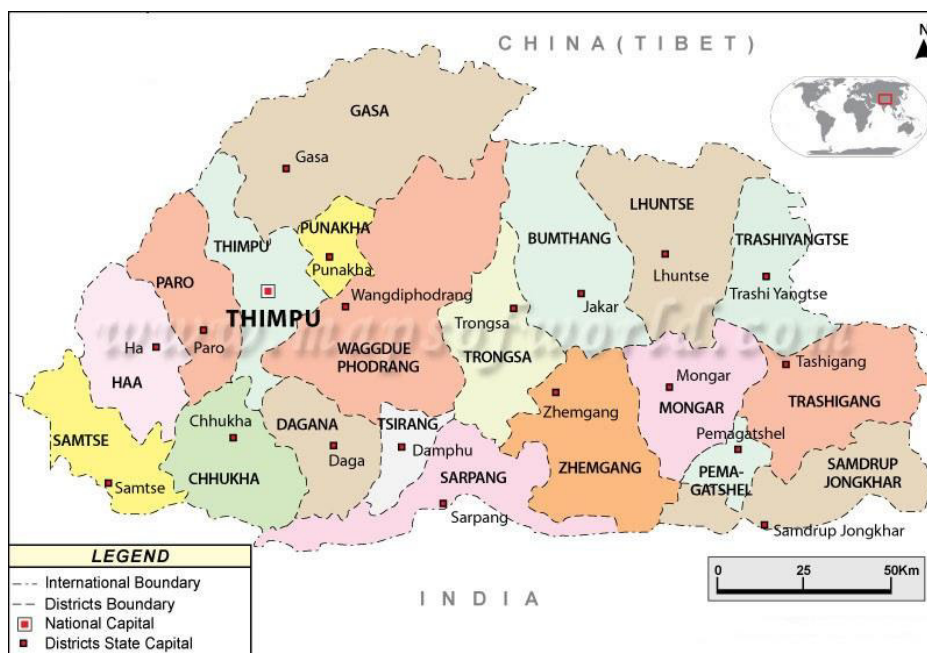
Bhútán je vnitrozemský stát v Jižní Asii ležící mezi Indií a Tibetskou autonomní oblastí Čínské lidové republiky. Hlavním městem Bhútánu je Thimphu. Z topografického pohledu charakterizují Bhútán drsné hory oddělené říčními údolími. Nadmořská výška se pohybuje od pouhých 200 m. n. m. na jihu země až po téměř 8 000 m. n. m. na severu.

Obrázek 1 - Stát Bhútán



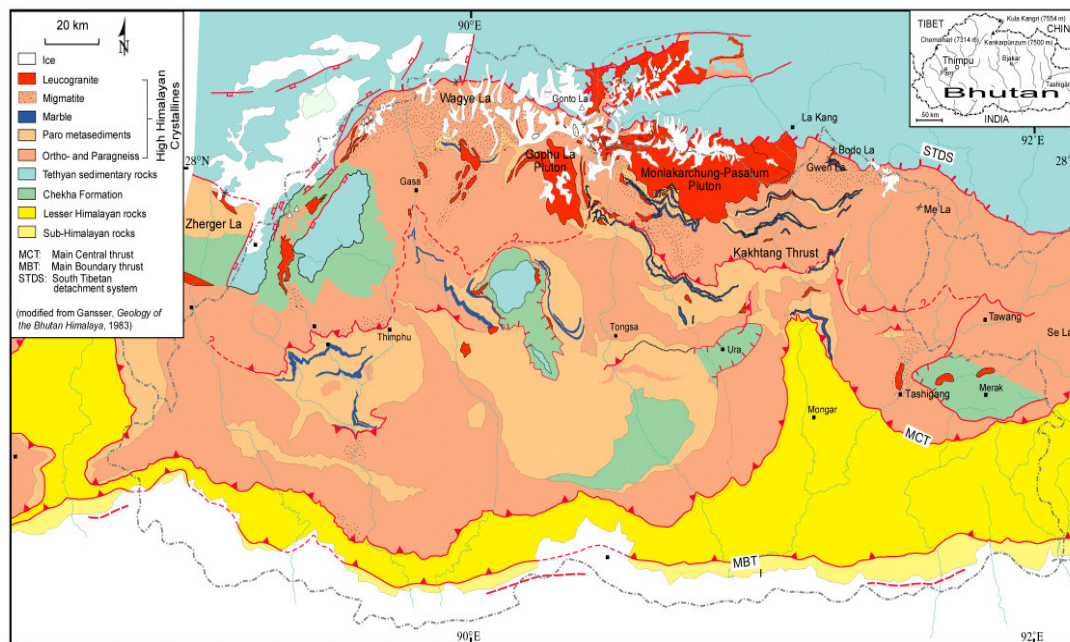
Vybraná oblast pro stavbu školy, město Gasa, se nachází v severozápadním Bhútánu. Gasa je hlavním městem Gasa dzongkhag (dzongkhag = district, dílčí územní jednotka) o rozloze 3117,74 km², nachází se v nadmořské výšce 1500 m.n.m až 4500 m.n.m. Město Gasa se nachází v nadmořské výšce 2850 m.n.m. (NATIONAL STATISTIC BUREAU, 2016). Ve městě žije cca 3000 obyvatel. Celý okres spadá pod národní park Jigme Dormi ve kterém se nacházejí vzácné druhy flóry a fauny. V centru města se nachází banka obchod a pevnost Gasa Dzong. Gasa je také známa pro své termální prameny, které jsou využívány jako lázně.

Obrázek 2 - Politická mapa Bhútánu s vyznačením města Gasa



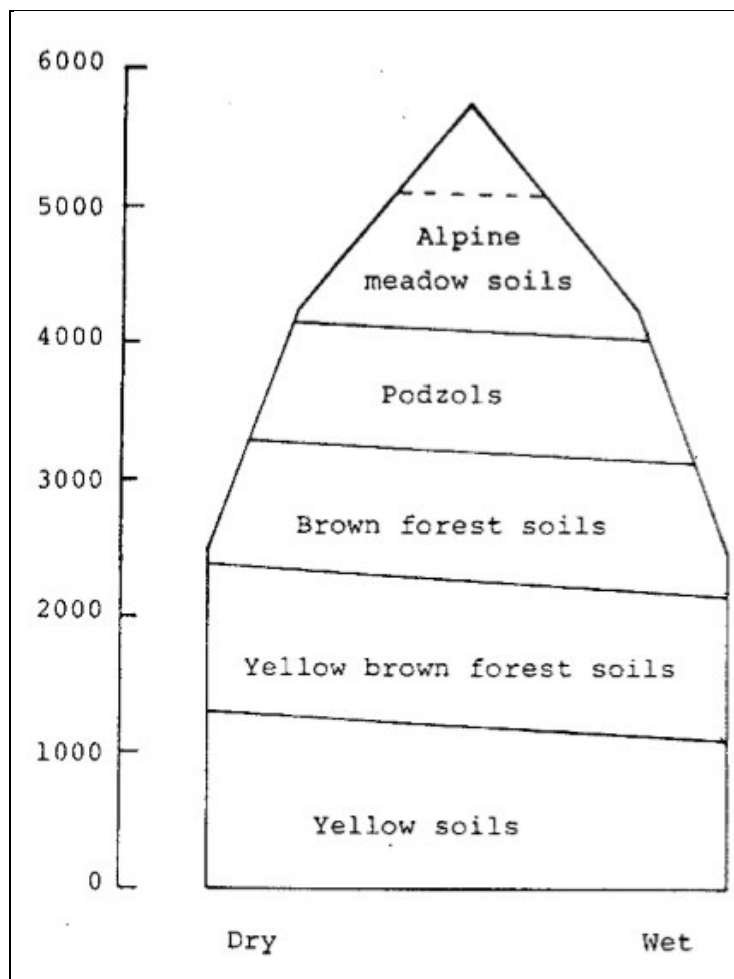
Pro oblast Gasy jsou typické migmatické horniny. Migmatit je přeměněná hornina. Pro jeho vzhled jsou charakteristické oddělené tmavé a světlé pásy. Světlé pásy (původně tavenina) jsou tvořeny zejména křemenem a živcem, tmavé pásy (netavená část) jsou tvořeny směsí biotitu, živce, křemene a alumosilikátu. Migmatit se používá k technickým účelům jako lomový kámen a při výrobě drceného kameniva.

Obrázek 3 - Geologická mapa Bhútánu



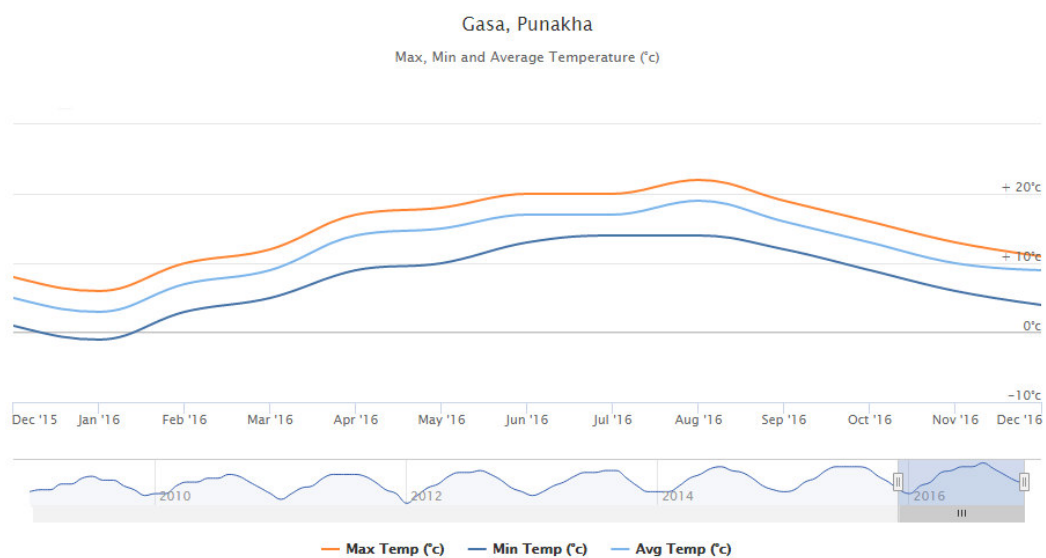
Z hlediska půdního pokryvu byly bhútánské lesní půdy popsány OKAZAKIM (1987), který v závislosti na nadmořské výšce vymezil 5 hlavních skupin půd - žluté půdy, žlutohnědé lesní půdy, hnědé lesní půdy, podzoly a alpské louky. Stavba školy se nachází v nadmořské výšce 2 850 m. n. m., spadá tedy do kategorie hnědých lesních půd. Tyto půdy jsou charakteristické jílovitou až středně zrnitou strukturou, přičemž s narůstající hloubkou v půdním profilu jílovitá struktura sílí.

Obrázek 4 - Vertikální rozdělení půd Okazim



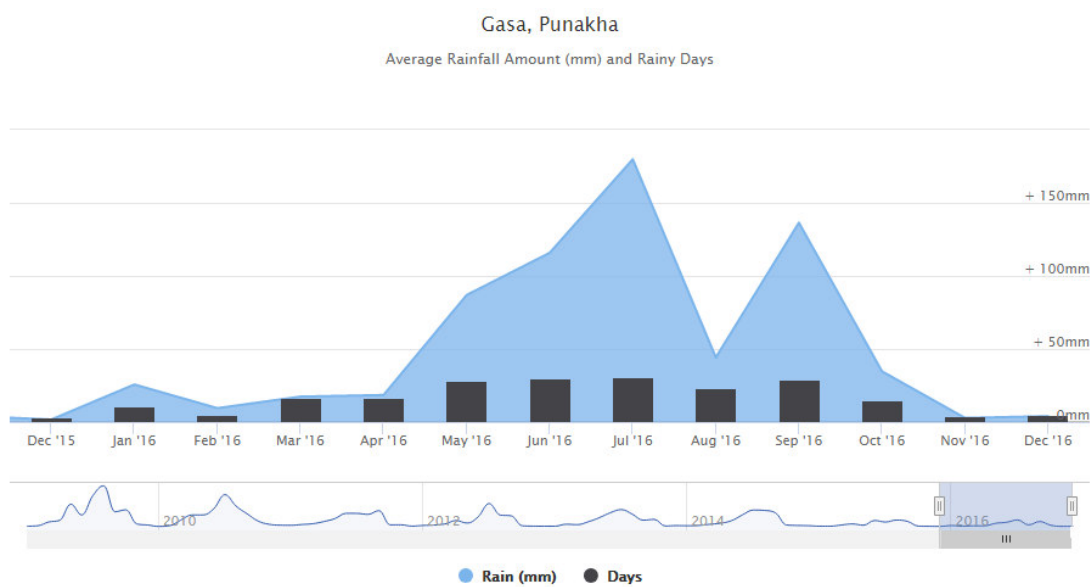
V Bhútánu vládne klasické monzunové počasí, ale topografické rozdíly mají velký dopad na klima. Počasí v Gase je mírné. Dle meteorologické stanice Gasakhaty od roku 2003 po rok 2008 byla naměřena nejmenší teplota -7°C a největší teplota 30°C . Následující tabulky ukazují údaje teploty, dešťových a sněhových srážek, oslunění, rychlosti větru a vlhkosti za rok 2016.

Obrázek 5 - Maximální, minimální a průměrné teploty roku 2016 v Gase



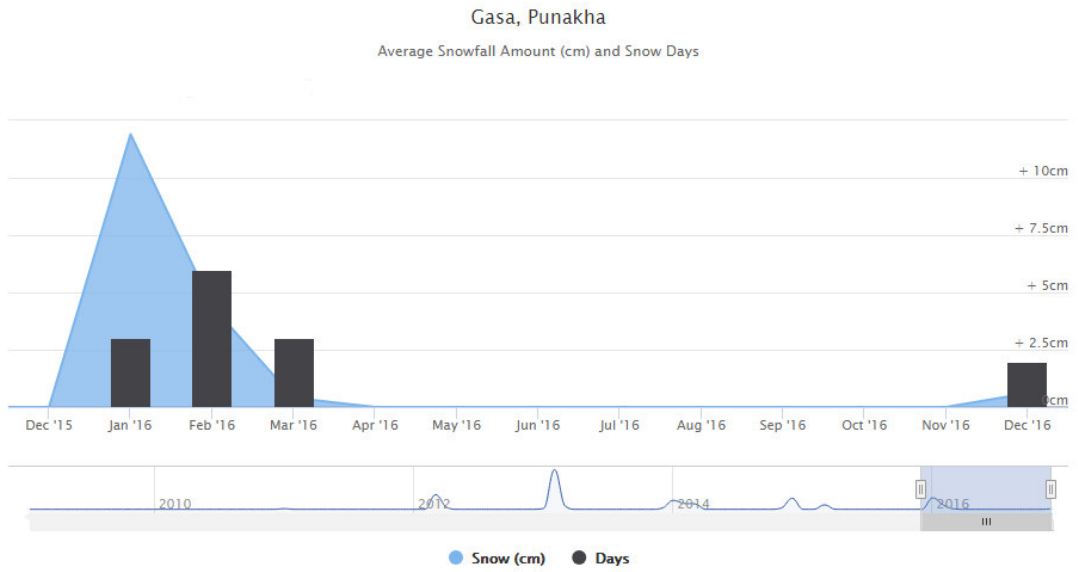
Zdroj: Worldweatheronline

Obrázek 6 - Průměrné hodnoty dešťových srážek roku 2016 v Gase



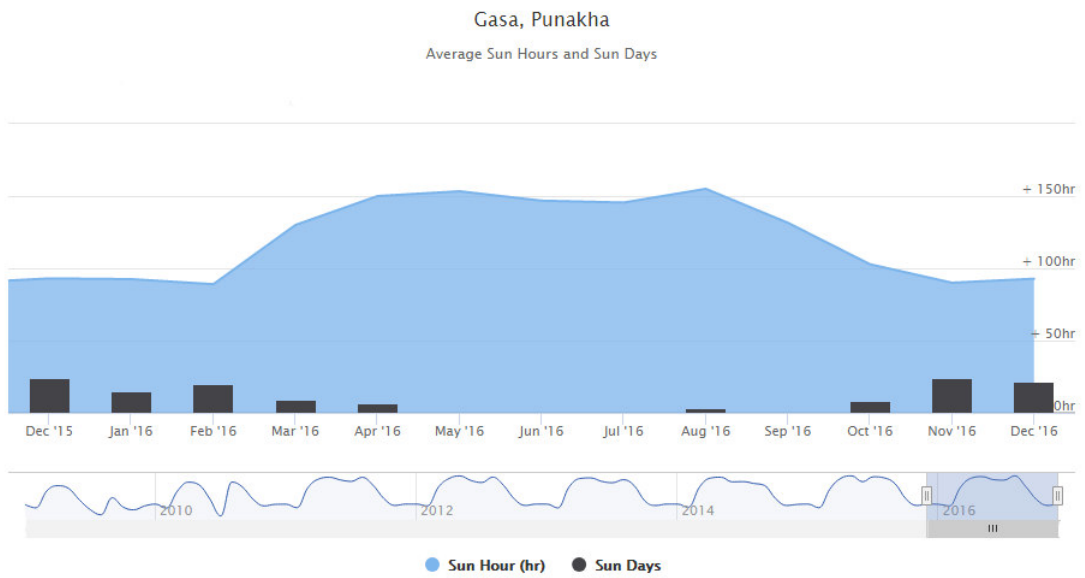
Zdroj: Worldweatheronline

Obrázek 7 - Průměrné hodnoty sněhových srážek roku 2016 v Gase



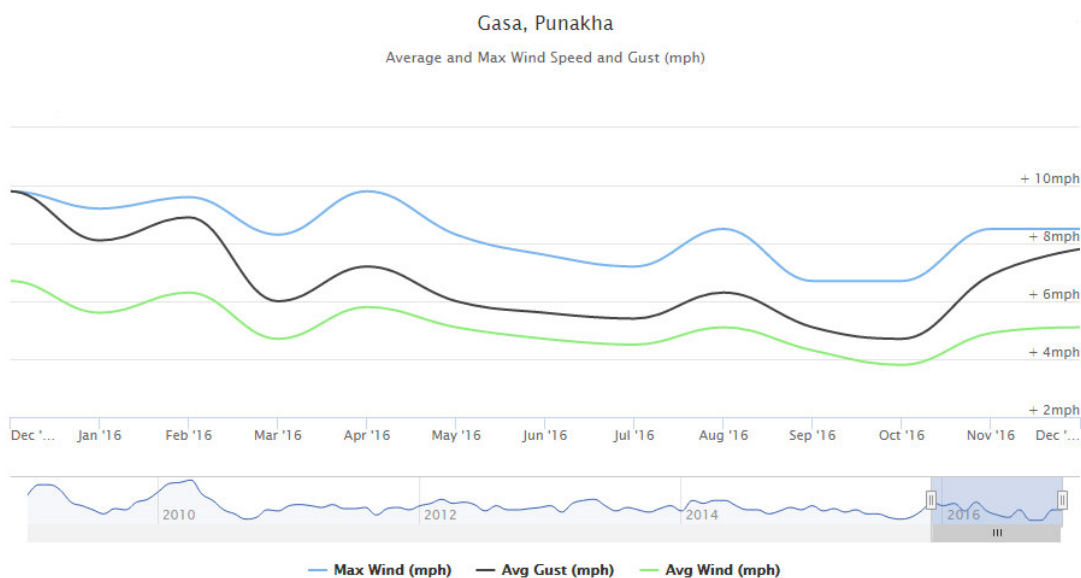
Zdroj: Worldweatheronline

Obrázek 8 - Průměrné hodnoty oslunění roku 2016 v Gase



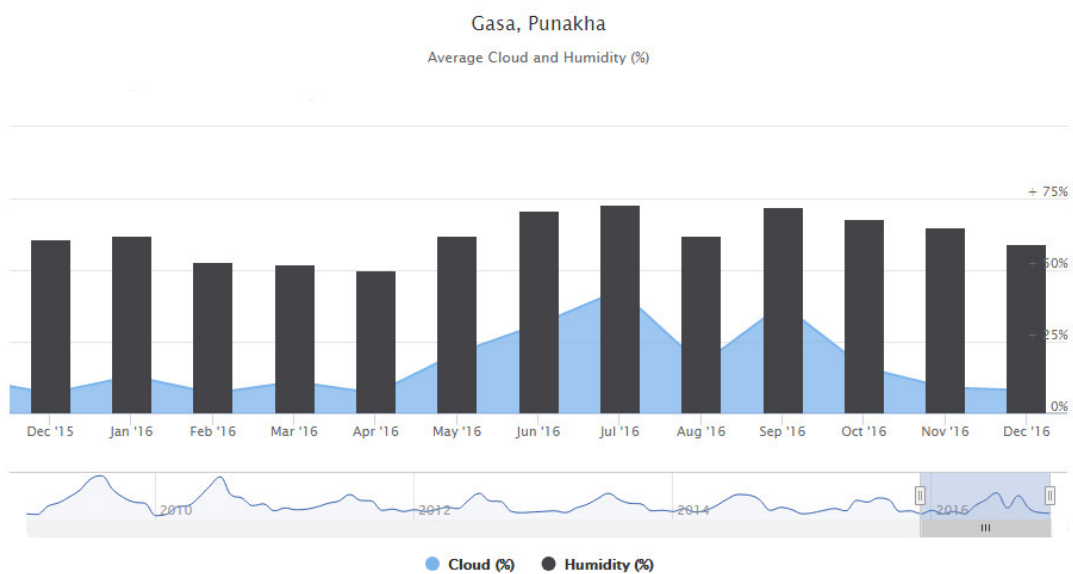
Zdroj: Worldweatheronline

Obrázek 9 - Maximální a průměrné hodnoty rychlosti větru roku 2016 v Gase



Zdroj: Worldweatheronline

Obrázek 10 - Průměrná oblačnost a vlhkost roku 2016 v Gase



Zdroj: Worldweatheronline

Co se týče seizmicity, patří Bhútán ve srovnání se státy v regionu mezi země s nižším rizikem velkých zemětřesení. GANSER (1983) rozdělil Bhútán na 5 geologických zón: Sub – Himaláje, Dolní Himaláje, Vysoké Himaláje, Tibetské Himálaje a zóna Indus - Tsangpo. Tektonická pásma se v jednotlivých

zónách liší. Seizmicita je způsobena stálým pohybem Indické desky směrem na sever. K tomuto ději dochází již 55 miliónu let a v průměrné míře se deska posouvá o 20 mm za rok (BILHAM, 2001). Bhútán zakusil v minulém století desítky povětšinou mírných zemětřesení. Nejsilnější z nich se odehrálo 21. ledna 1941 a mělo sílu 6.75 Richterovy škály. Ačkoli vzhledem k časté seizmické aktivitě v Himálajském regionu, která by mohla zmírnit vytvoření velkého závažného zemětřesení, BILHAM (2001) prohlásil, že velká zemětřesení jsou opožděná a mohou nastat kdykoli v budoucnosti.

1.2.4. Architektura a stavitelství v Bhútánu

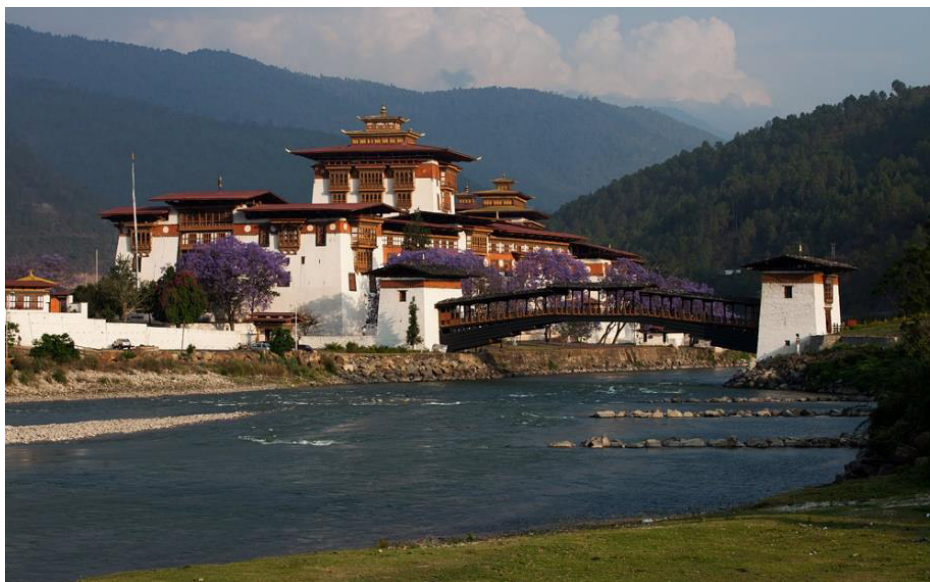
Historie nám ukazuje, že vpád industrializace a modernizace často přebírá staleté tradice a kultury v mnoha zemích. V Bhútánu tyto vlivy lze pozorovat v příhraničních městech a v městských oblastech, kde modernizace a industrializace zasahují do tradičních hodnot a kulturního dědictví. Vláda si uvědomuje toto nebezpečí, a proto podniká kroky pro zachování a podporu identity (TRADITIONAL ARCHITECTURE GUIDELINES). Tradiční architektura v Bhútánu se přizpůsobovala mnoha staletí, aby vyhovovala prostředí, klimatu, materiálům, technologiím, ale také kulturním tradicím a duchovní víře. Architektura se stále přizpůsobovala, aby uspokojila funkční a ekonomické potřeby, ale také sociální a duchovní požadavky. Je inspirována přírodou, přírodními materiály jako je země, kámen, dřevo a bambus, které jsou hlavní materiály konstrukcí tradiční bhútánské architektury (BHUTANESE ARCHITECTURE GUIDELINES, 2014).

Typickými stavbami jsou:

- pevnosti – Dzong
- chrámy – Lhakhang
- kláštery – Goenpa
- stúpy – Choeten
- zámky – Phodrang
- mosty – Zam
- lidové bydlení – Yue Chim.

Pevnosti nazývané Dzong sloužící jako centra administrativy a náboženské praxe, stavěny s hlavním cílem obrany, jsou jedny z nejpůsobivějších architektonických staveb, které byly umístěny na strategických místech s výhledem na vstup do údolí.

Obrázek 11 - Punakha Dzong – druhý nejstarší a největší dzong v Bhútánu vystavěný v letech 1637 – 38



Zdroj: jeninbhutan.wordpress, 2014

Chrámy – Lhakhang a kláštery – Goenpa lze v Bhútánu najít přes 2000, mohou být nalezeny v téměř v každé vesnici či téměř na každém vrcholku hory v zemi.

Obrázek 12 - Paro Taktsang známý jako Tygří hnízdo, základní kámen kláštera byl položen roku 1692, v roce 1998 však zde vypuknul požár, obnova kláštera trvala až do roku 2005



Stúpy – Choeten jsou buddhistické stavby, které symbolizují klid a mír. Stúpy představují nádoby ostatků Buddhy, významných světců a mnichů. Byly také stavěny na místech, kde negativní energie bylo potřeba proměnit v pozitivní síly.

Do roku 1960, kdy Bhútán byl uzavřen před vlivem vnějšího moderního světa, se stavby stavěly bez plánů, znalosti stavitelství se předávaly z generace na generaci. Potřeba udržitelného rozvoje v oblasti designu budov a staveb se stala významná v posledních desetiletích v důsledku velké spotřeby zdrojů a znečištění, které stavitelství generuje (BHUTAN GREEN BUILDING GUIDELINES, 2013). Dokument BHUTAN GREEN BUILDING GUIDELINES poskytuje jednoduché, ale praktické informace a doporučení pro architekty, inženýry a stavitelé jak uplatňovat zásady a postupy udržitelného rozvoje. Klasická definice ze zprávy Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj z roku 1978 zní takto: *„Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů.“* Tento koncept však není novinkou v rámci zastavěnosti Bhútánu, lidové bydlení obvykle využívá místní a přírodní zdroje materiálů a orientuje stavbu v závislosti na klimatických podmínkách.

Typický dům na venkově je dvou nebo tří podlažní, přičemž přízemí obývají zvířata, horní patra pak rodina. Typické podkroví je otevřené, slouží k sušení kukuřice, chilli nebo k uskladnění sena. Stěny prvního podlaží jsou převážně z kamene nebo dusané hlíny, pro další nadzemní podlaží se používá dusaná hlína.

Obrázek 13 - Ukázka venkovského stavitelství: dusaná hlína, bohatá řezbářská výzdoba a populární plechová střecha



Zdroj: sharrymiller.typepad, 2012

Nejnápadnějším prvkem domu je takzvaný rabsel. Rabsel je rámová dřevěná konstrukce s více okny, která je vykonzolovaná ze zdi. V jazyku Dzongkha “rab“ znamená dobrá a “sel“ znamená jasnost, rabsel byl pojmenován podle své funkce poskytnutím světla do budovy. (BHUTANESE ARCHITECTURE GUIDELINES, 2014) Rabsel má bohatě vyřezávané římsy. Původní okna nebyla plněna sklem, ale dřevěnými okenicemi. Prostor mezi okny byl vyplněn bambusovou rohoží překrytou hliněnými omítkami.

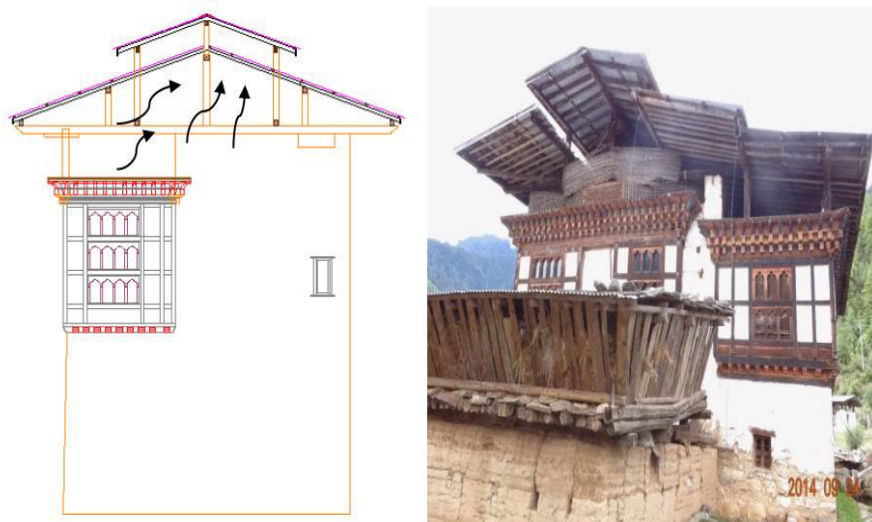
Obrázek 14 - Ukázka domu s rabselem



Zdroj: jeninbhutan.wordpress, 2014

Tradiční šikmé střechy se sklonem 12°-15° jsou z dřevěných šindelů. Jako střešní krytiny se v roce 1980 místo tradičních šindelových střech začaly používat vlnité plechy, které jsou trvanlivější a méně náročné na údržbu. Typické pro bhútánské střechy je taky velký přesah, 500 mm až 2500 mm. Takové střechy, plechové s velkým přesahem, jsou pak velice náchylné na poškození nebo celkové zhroucení střechy při vichřici. V roce 2011 bylo poškozeno 2424 střech z 2598 poškození domu, tedy 93,3 % (WIND INDUCED DAMAGE TO ROOFS, 2015).

Obrázek 15 - Příklad konstrukce střechy náchylné k poškození



Zdroj: sharrymiller.typepad, 2012

1.3. Lokální přírodní stavební materiály

1.3.1. Dusaná nepálená hlína

Nepálená hlína, stejně jako dřevo a kámen je jedním z nejstarších a nejrozšířenějších materiálů, které člověk používal na stavbu svých obydlí téměř po celém světě. „*Odhaduje se, že ještě dnes v příbytcích z hlíny žije asi jedna třetina lidí. V rozvojových zemích je to více než polovina.*“ (MINKE, 2009)

Hlína není normový materiál. Hlína pocházející z určité lokality vykazuje určité specifické složení. Hlavními složkami hlíny je jíl, prach a písek, podíl těchto složek pak určuje základní mechanické a tepelně technické vlastnosti. Podle Niemeyera postačí u budov s jedním podlažím správně vyhodnotit

zkoušky vaznosti, smrštění a odolnosti proti působení vody. Objemová hmotnost dusané hlíny se pohybuje v rozmezí 1700 kg/m³ až 2200 kg/m³. Při větším podílu štěrku nebo kamení je hodnota větší, při použití lehčených příměsí se objemová hmotnost snižuje. Pevnost v tlaku se rovněž odvíjí dle složení, hutnění a vlhkosti materiálu. Pro výrobu vzorků pevnosti v tlaku se používají formy pro zkoušky pevností betonu, do níž se hlína udusá. Po vyjmutí z formy se vzorek suší 3 dny na vzduchu, 2 dny uměle při teplotě 40°C a poté se ponechá dalších 6 hodin ležet volně na vzduchu. (ŽABIČKOVÁ, 2002)

Složení a kvalita zpracování jsou určující pro výsledné dílo. Nedostatek jílu (přebytek písku) má za následek nízké pevnosti dusané stěny. Přebytek jílu (nedostatek písku) vyvolá smršťování trhliny. Nedostatek vody způsobí, že ne všechny jíly se účastní pojivého procesu, někdy se přeschlá zemina lokálně ze stěny vysypává, přebytek vody má za následek vznik smršťovacích trhlin. (Žabičková, 2009)

Dalším aspektem vytvoření kvalitní dusané stěny je bednění. „Výška jednotlivých vrstev nasypané hlíny v bednění při ručním dusání má být nejvýše 12-14 cm, při mechanickém dusání 18-20 cm. Jsou-li tyto vrstvy příliš vysoké nebo nestejně, je zhutnění nedostatečné nebo nerovnoměrné.“ (Havlíček, Souček, 1958) Ze zkoušek vyplynulo, že nejlepší výsledky dosahovalo bednění z jednoduše ohoblovaného jednou natřeného dřeva z jehličnatých stromů. (Minke, 2009)

Dusaná stěna musí být chráněna před mechanickým poškozením vnějšími vlivy jako je déšť, vítr, sníh, prudké výkyvy teplot nebo změny vlhkosti.

Obrázek 16 - Dusání svislých stěn pomocí dřevěného posuvného bednění



Zdroj: jeninbhatan.wordpress, 2014

Obrázek 17 - Dusání je hlavně ženská práce, kterou rytmicky doprovázejí zpěvem



Zdroj: sharrymiller.typepad, 2012

1.3.2. Dřevo

Lesy v Bhútánu se rozprostírají na téměř 70 % z celkové výměry půdy a jsou nejdůležitějším obnovitelným zdrojem. Hrají zásadní roli v ekologické rovnováze a hospodářském rozvoji země. Obecně platí, že listnaté tropické tvrdé dřevo dominuje do nadmořské výšky 1000 m.n.m. Ve vyšších nadmořských výškách rostou borovice, smrk, jedle nebo dub. V nejvyšších nadmořských výškách rostou jedle, jalovec a rododendrony. Posvátným stromem Bhútánu je cypřiš.

Nejpoužívanějším dřevem pro konstrukce v Bhútánu je borovice himalájská, která se také exportuje do zahraničí. Dalším používaným stromem pro stavební činnost je smrk, ze kterého se také dělají šindele. Měkké a lehké dřevo jedle se používá pro střešní tašky a dřevotřískové desky. (Bimalendu Bhattacharya, 2001)

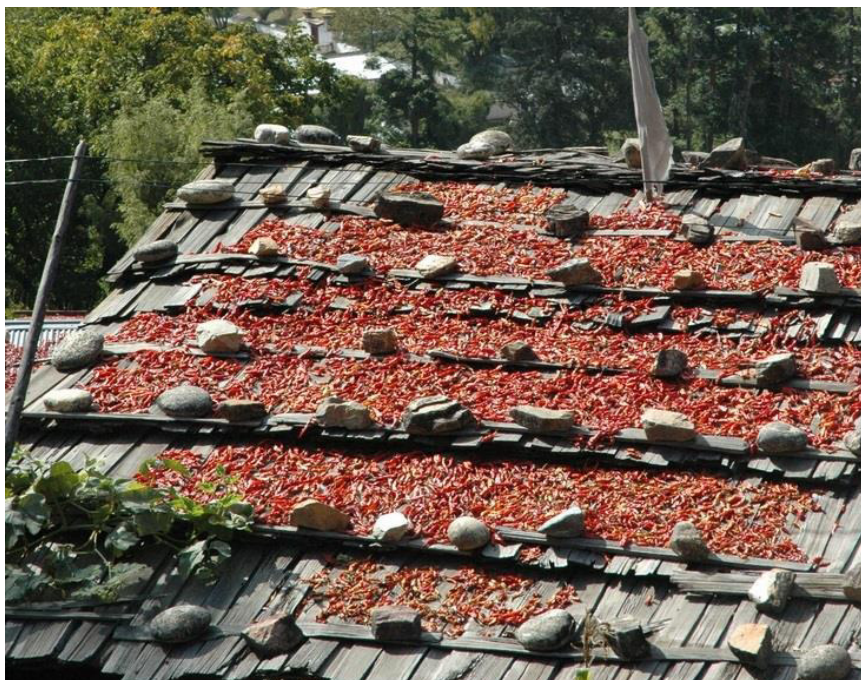
Obrázek 18 - Dřevěné dekorace



Zdroj: jeninbhutan.wordpress.com, 2014

Jednou z tradičních střešních krytin s dlouholetou tradicí je dřevěný šindel. Dřevěný šindel slouží jako svrchní vrstva konstrukce střechy s hlavní funkcí hydroizolace.

Obrázek 19 - Sušení chili na dřevěné střeše



Zdroj: jeninbhutan.wordpress.com, 2014

1.4. Využití přírodních zdrojů a procesů pro stavby

1.4.1. Sluneční energie

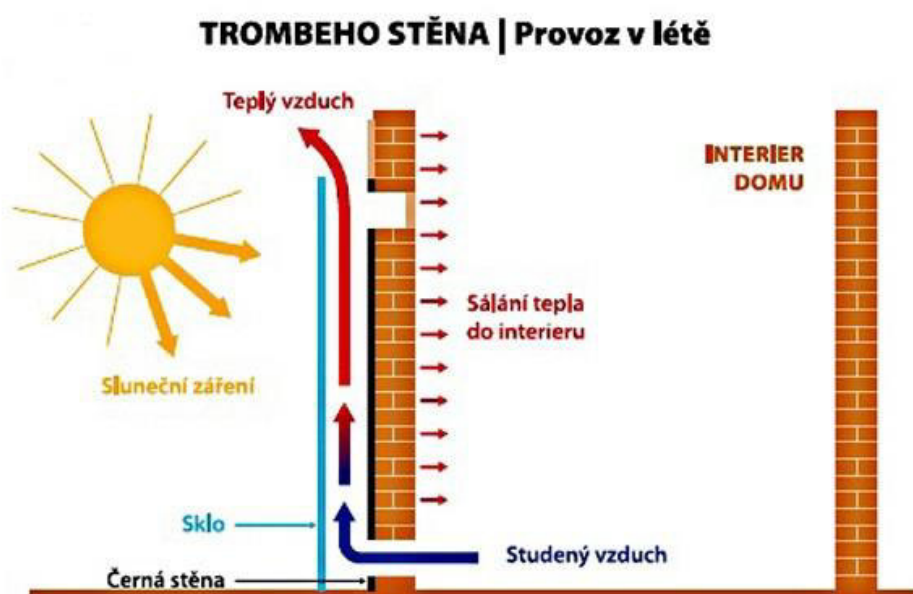
Získávání tepelné energie ze slunce neznamena pouze používání známých technologií, jako jsou fotovoltaické panely a solární kolektory. Energetický přínos můžeme zvýšit také správným návrhem stavby. Orientace a dispozice stavby je jednou ze základních věcí, kterou můžeme ovlivnit pasivní energetický přínos již při návrhu budovy. Základním principem využívání sluneční energie je otevření stavebního objektu směrem k jihu. Jako solární kolektor může fungovat zimní zahrada nebo prosklená lodžie orientovaná na jihovýchod, jih a jihozápad.

Moderním, v posledních letech často využívaným způsobem zachycování solární energie jsou dvojité energetické fasády budov. Jde v

podstatě o jednoduché solární kolektory vytvořené tak, že se před vlastní fasádu na osluněné straně budovy zavěsí transparentní, nejčastěji skleněná deska. Vzduch proudící dutinou mezi sklem a vlastní fasádou je ohříván slunečním zářením a následně jej lze v zimním a přechodném období roku využít k vytápění či přitápění budovy, celoročně pak jako zdroj tepla např. pro tepelné čerpadlo. K hlavním problémům při návrhu solárních fasád patří odhad jejich tepelného výkonu pro různá roční období a provozní stavy. (Fišer, Jaroš, 2004)

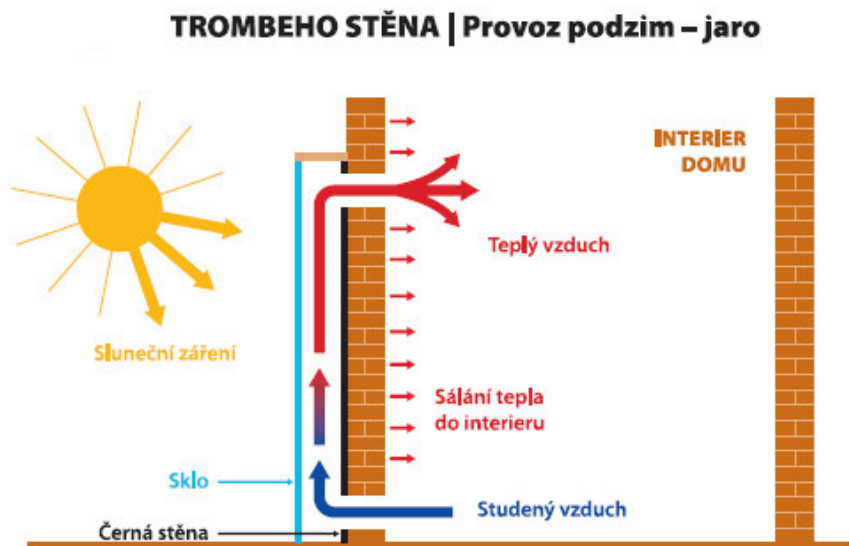
Účinným systémem pro zužitkování solární energie je tzv. Trombeho stěna. Základ systému tvoří jižně orientovaná masivní zeď stavby, která je natřena černou barvou, aby lépe absorbovala sluneční energii. Před ní je umístěna prosklená stěna, která uzavírá vzduchovou mezeru. Vnitřní prostor domu je s vzduchovou mezerou spojen otvorem v dolní a horní části Trombeho stěny, oba otvory je možné uzavřít klapkami a regulovat tak proudění vzduchu.

Obrázek 20 – Trombeho stěna – provoz v létě



Zdroj: Nazeleno, 2010

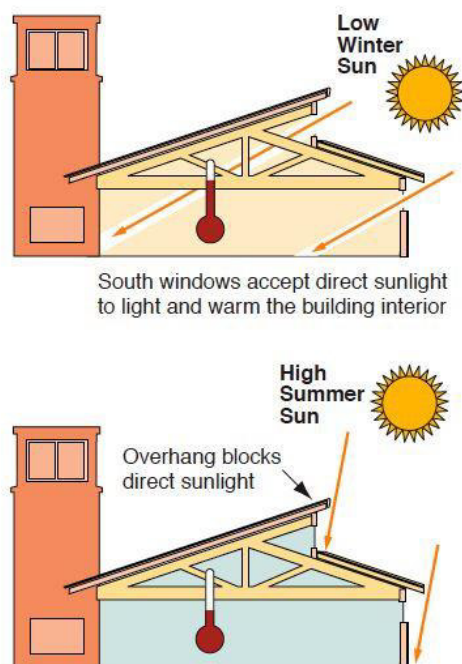
Obrázek 21 - Trombeho stěna – provoz podzim - jaro



Zdroj: Nazeleno, 2010

Další možností, jak využít sluneční energie na základě rozdílné polohy slunce v zimním a letním období je vhodné navržení oken či umístění clony, které umožňují přívod energie v době, kdy je požadovaná.

Obrázek 22 – vliv slunečního záření v létě a zimě



Zdroj: greenpassivesolar, 2017

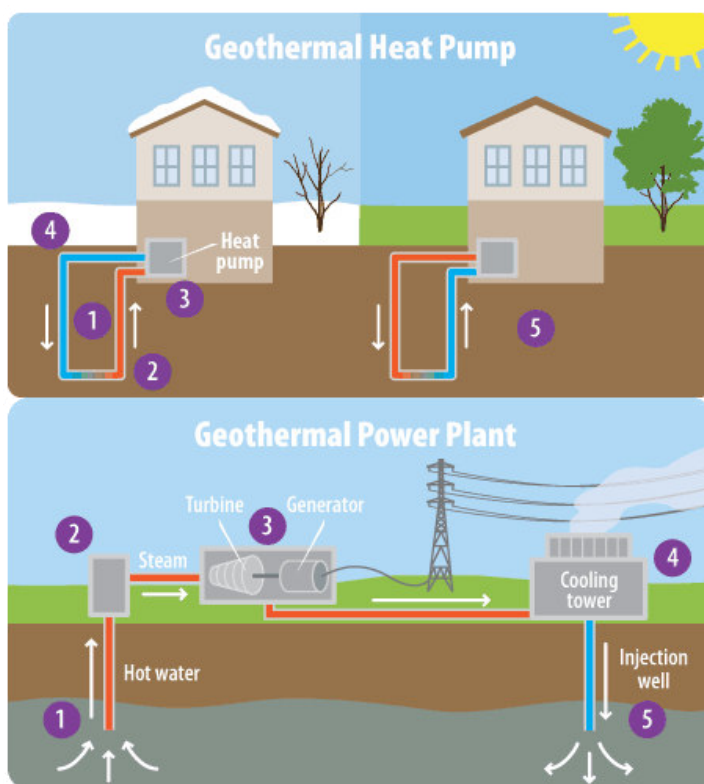
1.4.2. Geotermální zdroje

Geotermální zdroje v Zemi jsou obsaženy v různých skupenstvích:

- zásoby horké páry
- zásoby termální horké vody
- teplo ze suchých hornin

Tyto zdroje můžeme využít přímo k vytápění pomocí tepelných čerpadel nebo prostřednictvím parního cyklu k výrobě elektrické energie. Zásoby horké páry a termální vody se obvykle čerpají pomocí vrtů, k jejichž vytvoření je potřeba vrtné soupravy. Pokud je zásoba teplé vody v podzemí malá, je nutné ochlazenou vodu přivádět nazpět, aby se kapacita takového zdroje nezmenšovala s časem.

Obrázek 23 – Vliv geotermálního tepla



Správně fungující geotermální systém nevyžaduje téměř žádné provozní náklady a má dlouhou životnost.

Geotermální energii můžeme rozdělit do skupin, z nichž každá má odlišný způsob využití.

Nízkoteplotní zdroje jsou k dispozici jen pár metrů pod povrchem země (několik desítek až stovek metrů) a teploty nedosahují více než 150°C. Využívají se pro vytápění domácností a jsou vhodné také pro uplatnění tepelných čerpadel. Středně teplé zdroje dosahují teploty 150° - 200°C a využívají se jak pro vytápění budov, tak k výrobě elektřiny. Vysokoteplotní zdroje, které jsou ukryty několik kilometrů pod povrchem, mají teplotu nad 200°C a jsou určeny pro přímou výrobu elektrické energie (SCHUHOVÁ, 2010).

Mezi výhody této technologie patří její ekologičnost z pohledu produkce škodlivých kapalin a plynů a také stálá produkce energie. Nevýhodou jsou především investiční náklady, nejnákladnější jsou především hloubkové vrty.

1.4.3. Kořenová čistírna odpadních vod

Základním principem KČOV je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem, který je osázen mokřadními rostlinami. Voda protéká filtračním materiálem a kombinací fyzikálních, chemických a biologických procesů dochází k odstraňování znečištění (KOMÍNKOVÁ A KOL., 2014).

Při stavbě filtračního pole je nutné zvolit správné návrhové parametry tj. konfiguraci, plochu, poměr délka/šířka, sklon dna, použitý substrát a hloubku.

Jedním z možných řešení je postavení pouze jedné plochy filtračního pole. Jeho využití je však omezené při vyšších průtocích, kdy je hydraulika a flexibilita pole značně omezena.

Dále se nabízí paralelní plochy, u nichž je průtok rovnoměrně rozdělován do jednotlivých ploch a v případě potřeby

Plochy zapojené v sérii jsou dalším řešením. Mohou být zapojené za sebou nebo serpentinovitě, přičemž většinou kombinují více čistících mechanismů.

Pokud jde o optimální velikost plochy pro kořenovou čistírnu, názory na se v různých pramenech liší. Plocha na jednoho ekvivalentního obyvatele by se měla pohybovat okolo 5 m² (Vymazal J., 1995). Nejvíce studií ukázalo, že optimální poměr délka/šířka je od 1:1 až po 10:1. Praxe však ukázala, že pro stavbu filtračního lože je důležitější uvažovat správné rozptýlení odpadní vody po celém poli, než se zabývat přesným poměrem délky a šířky (Simeral K., 1998).

Mírný sklon dna je důležitý pro správnou hodnotu hydraulického gradientu. Dnešní čističky mají průměrný sklon dna nižší než 1% (Vymazal J., 1995).

O výsledném či čistícím účinku rozhoduje použitý substrát. Je důležité, aby měl dobrou propustnost, hydraulickou vodivost a aby nedocházelo k jeho ucpávání. Musí také vytvářet vhodné prostředí nejen pro výsadbu a zakořenění rostlin, ale i pro život mikroorganismů, které rozkládají organické znečištění a sorbují část mineralizovaných látek (Vymazal J., 2002).

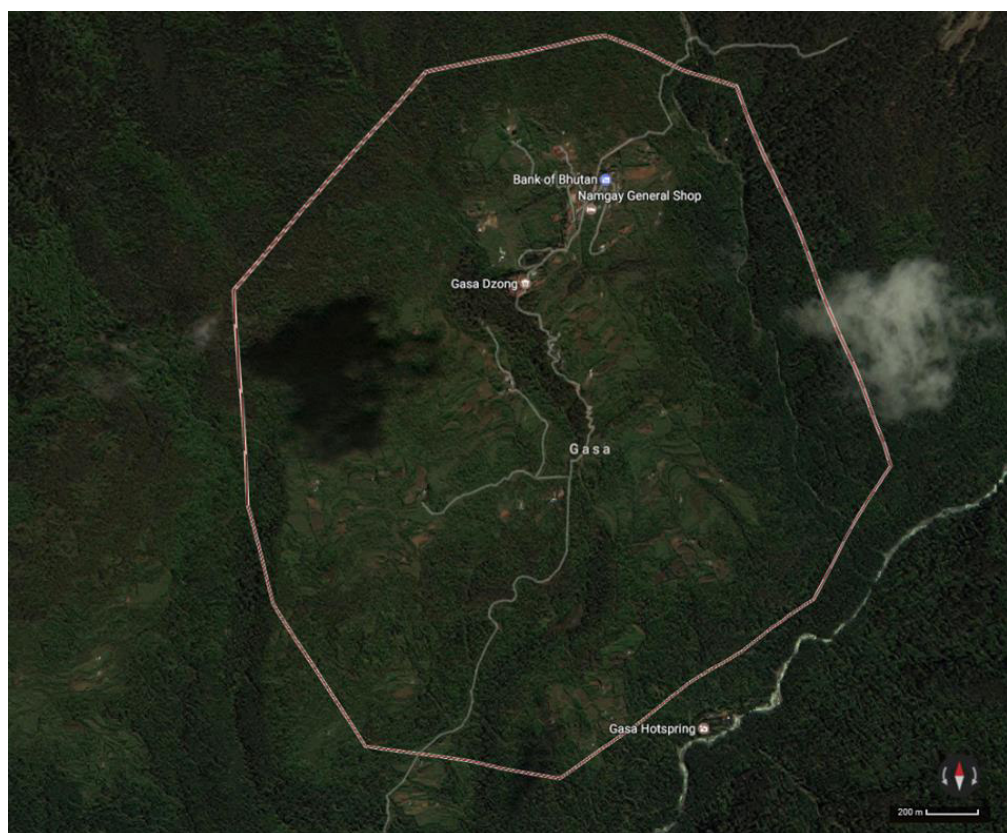
KČOV neobsahují mechanické součásti a pro jejich provoz není zapotřebí elektrické energie, což je jejich velká výhoda ve srovnání s klasickými čistírnami. Pravidelná kontrola mechanického předčištění a kořenového pole je však velmi důležitá. Zejména je nutné zabezpečit pravidelnou kontrolu a případné vyvážení septiku nebo šterbinovou nádrž a čistit česle a lapák písku a šterku, pokud jsou zařazeny do sestavy předčištění. Také je nutno kontrolovat nastavení výšky vodní hladiny, rozdělení nátoky odpadních vod na vlastní kořenové lože, případně na konci zimního období posekat vegetaci. Minimální náklady na KČOV a časová nenáročnost údržby jsou zaručeny, pokud je údržba systematická a pravidelná (KOMÍNKOVÁ A KOL., 2014).

2. Projekt školy

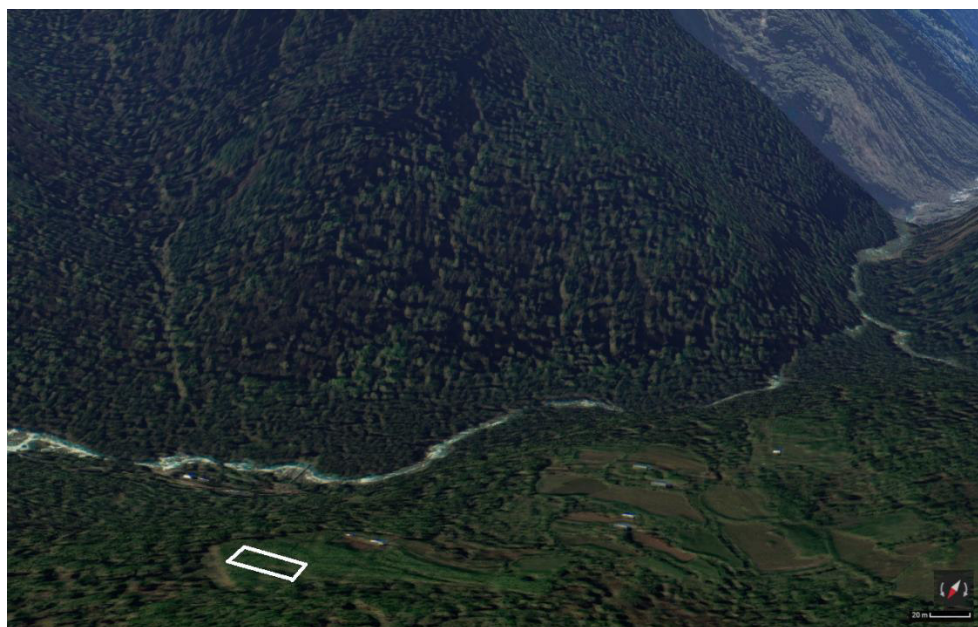
2.1. Základní údaje, účel objektu, lokalita

V regionu Gasa se nacházejí pouze dvě základní školy, žádná z nich není v hlavním městě. V odlehlých oblastech jako je Gasa, kde není vysoký počet studentů, je obvyklé, že děti dvou a více ročníků mají výuku v jedné místnosti. Třídy jsou vybavené lavicemi, židlemi a tabulí. Pozemek pro výběr školy byl vybrán na okraji města, nedaleko termálních pramenů.

Obrázek 24 - Město Gasa



Obrázek 25 - Umístění školy s výhledem do údolí nedaleko potoka a termálních pramenů



2.2. Dispoziční řešení

Škola je navržena jako dvoupodlažní. Okna jsou umístěna na jih, aby umožňovala čerpání tepelných zisků. Vstup do objektu je rovněž situován z jihu. Za vstupem je navrženo zádveří zabraňující přímému prostupu chladu z exteriéru. Z haly vede schodiště do 1.NP, dveře do společenské místnosti a chodba do tříd a na WC. V parteru jsou navrženy tři třídy, každá má plochu 20 m². Jedna třída poslouží k výuce dvou ročníků s maximální kapacitou 20 dětí. Společenská místnost s plochou 29,5 m² slouží jako prostor pro učitele resp. kabinet a jako knihovna. V prvním nadzemním podlaží jsou navrženy 3 obytné místnosti o rozloze 20 m² a jedna místnost pro výuku předškolním dětem. Obytné místnosti budou sloužit pro bydlení externích učitelů nebo pro pronájem turistům.

2.3. Konstrukční a materiálové řešení

2.3.1. Zemní práce a základové konstrukce

Zemní práce se započnou v bezesrážkovém období. Pozemek je v mírném svahu a před započítím základů bude potřeba místo vyrovnat. Odkopaná hlína se uskladní a použije pro svislé konstrukce. Objekt bude založený na základových pasech. Rýhy se vytyčí pomocí laviček a vykopou do hloubky 800 mm od upraveného terénu. Základy budou z promaltovaného kamene a budou vystupovat 500 mm nad upravený terén. Svrchní vrstvu základových pasů bude tvořit 100 mm břidlicový pokryv, který bude sloužit jako hydroizolace pro svislé konstrukce. Mezi základové pasy se nasype 100 mm zeminy do které se budou ukládat kameny nastojato těsně vedle sebe. Tato technologie se nazývá štětová podlaha a slouží jako hydroizolační viz. technologický postup štětové vrstvy. Na štětovou podlahu bude položen štěrkový zásyp v tloušťce 300 mm do kterého se vloží dřevěné hranoly 100 mm x 100 mm tzv. polštáře které budou od sebe osově vzdáleny přibližně 1 m. Násyp s polštáři výškově lícovat s břidlicovým povrchem. Polštáře se uloží minimálně 50 mm od základových pasů, tak aby s nimi nebyly v kontaktu.

2.3.2. Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce tvoří dusaná hlína tloušťky 400 mm. Dusaná hlína je použita jak pro obvodové zdivo, tak pro vnitřní svislé konstrukce. Řešení je popsáno v technologické postupu dusané hlíny. Dusané stěny budou ztuženy dřevěnými hranoly 100 mm x 100 mm, které budou mezi sebou provázány hranolem zakončeným rybinovým spojem cca cca 1 m. V společenské místnosti, na chodbách a ve třídě pro školku jsou umístěny dřevěné sloupky 160 mm na 160 mm k podepření vodorovné nosné konstrukce. Sloupky budou také podepírat překlady nad okny na jižní straně budovy. Překlady nad okny budou řešeny dřevěnými hranoly výšky 250 mm a šířky 200 mm. K přesnější orientaci v konstrukčním systému slouží výkres č. 1: konstrukční systém 1.NP a výkres č. 2: konstrukční systém 2.NP.

2.3.3. Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovné nosné konstrukce jsou řešeny trámy tloušťky 240 mm a šířky 160 mm. Trámy budou od stěny odsazeny minimálně o 50 mm. Na trámy bude umístěn záklop z fošen tloušťky 50 mm na sraz. Na záklop z fošen bude umístěna fólie kvůli propadání prachu z podlaží nad konstrukcí. V 1.NP bude na záklopech šterkový násyp v tloušťce 140 mm, který slouží jako roznášecí a akustická vrstva. Do šterkového násypu budou vloženy polštáře 70 mm na 70 mm. Hranoly budou od sebe vzdáleny přibližně 1 mm a od stěny minimálně 50 mm. V 2.NP na záklop bude umístěna tepelná izolace ze slaměné řezanky tloušťky 120 mm. Na slaměné řezance bude umístěna udusaná hlína v tloušťce 80 mm.

2.3.4. Střecha

Střešní krytinou je šindel. Jedná se o dřevěnou destičku břitového tvaru. Jedna strana je opatřena drážkou a na druhé straně je břit. Šindele jsou vyráběny štípáním, povrch je pak dále upravován. Při takovémto postupu nedochází na rozdíl od řezaných šindelů k narušení dřevitých vláken, a to zaručuje odolnost a vysokou životnosti střechy. Destička má rozměr 80 – 150 mm, délku 500 – 600 mm a tloušťku 15 až 25 mm. Šindele jsou kladeny na latě, které jsou vzdálené cca 300 mm a přibíjené hřebíky. Nosnou část tvoří krov, který je rozkreslený na výkresu č. 6: půdorys krovu.

2.3.5. Povrchové úpravy

Povrchovou úpravou svislých konstrukcí jsou hliněné omítky. Technologie hliněných omítek je rozepsaná v technologickém postupu hliněné omítky. Povrchovou úpravou vodorovných konstrukcí jsou dřevěné fošny tloušťky 30 mm. Dřevěné fošny jsou připevněny na polštáře a ukládají se 20 mm od zdi. Tato mezera je překryta 30 mm lištou.

2.3. Statický výpočet

2.3.1. Únosnost v patě stěny

Charakteristická únosnost v základové spáře hliněné stěny tl. 0,4m

Tabulka 3 - zatížení

střecha	zš. [m]	tl. [m]	objemová hm. [kg/m ³]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]
Stálé					
sníh	3	0,10	200	0,20	0,60
dřevěné šindele	3	0,03	500	0,13	0,38
				g _k =0,33	g _k =0,98

Strop 1NP	š. [m]	tl. [m]	objemová hm. [kg/m ³]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]
Stálé					
podlaha	1	0,03	500	0,15	0,15
násyp	1	0,14	1500	2,10	2,10
záklop - fošny	1	0,05	500	0,25	0,25
				g _k =2,5	g _k =2,5

Strop 2NP	š. [m]	tl. [m]	objemová hm. [kg/m ³]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]	charak. zatížení i _k [KN/m ²]
Stálé					
hliněná podlaha	1	0,10	1700	1,70	1,70
sláma	1	0,10	1500	1,50	1,50
záklop - fošny	1	0,05	500	0,25	0,25
				g _k =3,45	g _k =3,45

Obrázek 26 – Výpočet v program SCIA ENGINEERING

1. Prvky

Jmeno	Průřez	Materiál	Délka [m]	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ
B1	CS1 - OBDEL (200; 300)	C24 (EN 338)	8,200	N1	N2	obecný (0)
B2	CS5 - OBDEL (160; 160)	C24 (EN 338)	1,291	N3	N4	obecný (0)
B3	CS2 - OBDEL (80; 200)	C24 (EN 338)	0,460	N5	N9	obecný (0)
B4	CS2 - OBDEL (80; 200)	C24 (EN 338)	2,304	N4	N14	obecný (0)
B5	CS5 - OBDEL (160; 160)	C24 (EN 338)	0,473	N7	N9	obecný (0)
B7	CS2 - OBDEL (80; 200)	C24 (EN 338)	1,632	N9	N15	obecný (0)
B8	CS5 - OBDEL (160; 160)	C24 (EN 338)	0,473	N10	N11	obecný (0)
B10	CS3 - 2 Obdel (60; 160; 80)	C24 (EN 338)	4,507	N15	N14	obecný (0)
B12	CS2 - OBDEL (80; 200)	C24 (EN 338)	2,092	N14	N6	obecný (0)
B13	CS2 - OBDEL (80; 200)	C24 (EN 338)	2,304	N15	N4	obecný (0)
B9	CS4 - OBDEL (140; 140)	C24 (EN 338)	1,797	N16	N4	obecný (0)
B10	CS4 - OBDEL (140; 140)	C24 (EN 338)	1,797	N4	N17	obecný (0)
B14	CS5 - OBDEL (160; 160)	C24 (EN 338)	0,760	N16	N18	obecný (0)
B15	CS5 - OBDEL (160; 160)	C24 (EN 338)	0,760	N17	N19	obecný (0)

2. Reakce

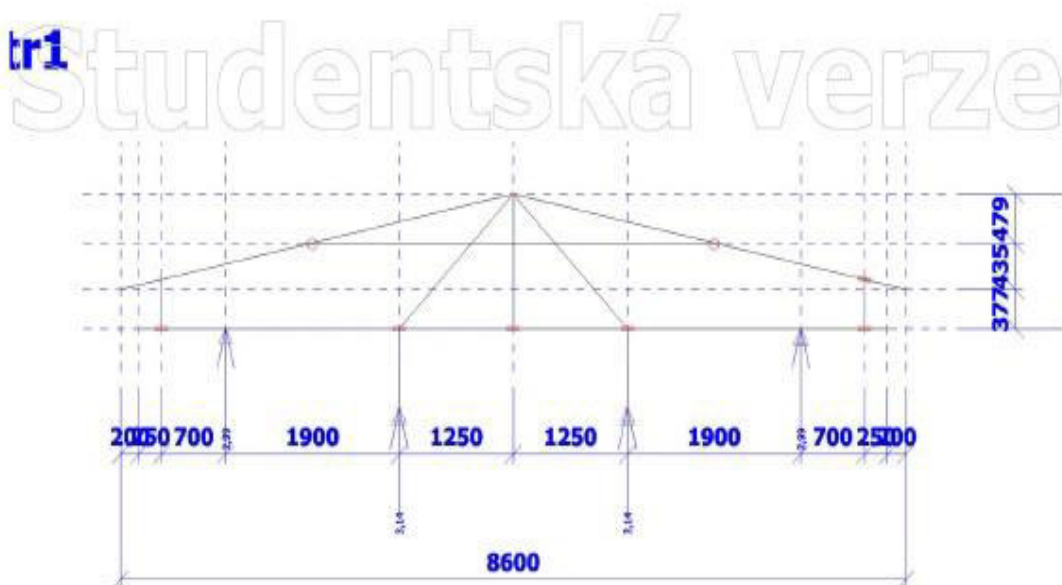
Lineární výpočet, Extrém : Uzel

Výběr : Vše

Kombinace : statika MSÚ

Podpora	Stav	dx [m]	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn1/N18	statika MSÚ/1		0,00	3,14	0,00
Sn2/N19	statika MSÚ/1		0,00	3,14	0,00
Sb1/B1	statika MSÚ/1	0,950	0,00	2,99	0,00
Sb2/B1	statika MSÚ/1	7,250	0,00	2,99	0,00

3. Reakce; Rz



Zatížení do stěny:

$$\text{Krov} \quad F_1 = 3,14 \text{ KN}$$

$$\text{Strop 2NP} \quad F_2 = A_{zat} \cdot g_{k,2NP} = 4,26 \cdot 3,45 = 14,7 \text{ KN}$$

$$\text{Strop 1NP} \quad F_3 = A_{zat} \cdot g_{k,1NP} = 4,26 \cdot 2,5 = 10,65 \text{KN}$$

Vlastní tíha dusané zdi

$$m = b \cdot h \cdot t \cdot \rho_h = 1 \cdot 5,25 \cdot 0,4 \cdot 1700 = 3570 \text{kg}$$

$$G = 35,7 \text{KN}$$

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + G}{A}$$

$$\sigma = \frac{3,14 + 14,7 + 10,65 + 35,7}{0,4 \cdot 1} = 160,5 \text{KPa} = 0,16 \text{MPa}$$

2.3.2. Stropní konstrukce - průvlak

Materiálové charakteristiky pro dřevo C24

- Ohyb $f_{m,k} = 24 \text{N/mm}^2$
- Tah rovnoběžně k vláknům $f_{t,0,k} = 14 \text{N/mm}^2$
- Tah kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,5 \text{N/mm}^2$
- Tlak rovnoběžně k vláknům $f_{c,0,k} = 21 \text{N/mm}^2$
- Tlak kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,5 \text{N/mm}^2$
- Smyk $f_{v,k} = 2,0 \text{N/mm}^2$
- Modifikační součinitel $k_{mod} = 0,8$
- Hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti $E_{0,05} = 7400 \text{N/mm}^2$

Zatížení:

Tabulka 4 - zatížení

Zatížení na trám	š. [m]	tl. [m]	objemová hm. [kg/m ³]	charak. zatížení i_k [KN/m ²]	charak. zatížení i_k [KN/m ²]	Y_F [-]	návrhové i_d [KN/m ²]	návrhové i_d [KN/m ²]
Stálé								
podlaha	1.21	0.030	500	6.05	0.182	1.35	8.168	0.245
násyp	1.21	0.140	1500	18.15	2.541	1.35	24.503	3.430
záklop fošny	1.21	0.050	500	6.05	0.303	1.35	8.168	0.408
vlastní tíha trámu	0.16	0.240	500	0.8	0.192	1.35	1.080	0.259
					$g_k = 3.19$		$g_d = 4.3$	
Užitné								
kategorie A	1.21			1.50	1.82	1.5	2.25	2.72
					$q_k = 1.82$		$q_d = 2.72$	

Posouzení MSÚ – Ohyb

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = 0,8 \frac{24}{1,3}$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

- Normálové napětí za ohybu (průvlak není po celé délce zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě)

$$\sigma_{m,d} = k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

Kritické napětí za ohybu

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2 E_{0,05}}{h l_{ef}}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 160^2 \cdot 9600}{240 \cdot 4400}$$

$$\sigma_{m,crit} = 181 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{24}{181}}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,364$$

Součinitel příčné a torzní stability

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,364$$

$$k_{crit} = 1,28$$

Redukovaná návrhová pevnost

$$k_{crit} \cdot f_{m,d} = 1,28 \cdot 14,77 = 18,9 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{17,2 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 160 \cdot 240^2}$$

$$\sigma_{m,d} = 11,2 \text{ MPa} < 18,2 \text{ MPa}$$

Průvlak na ohyb vyhovuje

Posouzení MSÚ – Smyk

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,d} = 0,8 \frac{2,5}{1,3}$$

$$f_{v,d} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot 26,58 \cdot 10^3}{2 \cdot 160 \cdot 240}$$

$$\tau_{v,d} = 1,03 \text{ MPa} < 1,53 \text{ MPa}$$

Průvlak na smyk vyhovuje

Posouzení MSP – průhyb

$$w_{inst,g} = \frac{5 \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y}$$

$$w_{inst,g} = \frac{5 \cdot 3,19 \cdot 4,4^4}{384 \cdot 11 \cdot 1,84 \cdot 10^2}$$

$$w_{inst,g} = 7 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y}$$

$$w_{inst,q} = \frac{5 \cdot 1,82 \cdot 4,4^4}{384 \cdot 11 \cdot 1,84 \cdot 10^2}$$

$$w_{inst,q} = 4 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,q} \cdot (1 + \Psi \cdot k_{def})$$

$$w_{net,fin} = 7 \cdot (1 + 0,8) + 4 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8)$$

Maximální průhyb $w_{net,fin} = 16 \text{ mm} < l/250 = 18 \text{ mm}$

3. Stavebně technologické řešení

3.1. Posouzení projektové dokumentace

Tabulka 5 - Zhodnocení projektové dokumentace podle přílohy č. 4 k vyhlášce č. 499/2006 Sb.

Zhodnocení projektové dokumentace podle přílohy č. 4 k vyhlášce č. 499/2006 Sb.

Oddíl	Popis	Obsahuje
A.	Průvodní zpráva	
A. 1	Identifikační údaje	Ne
A. 1. 1	Údaje o stavbě	Ne
A. 1. 2	Údaje o žadateli / stavebníkovi	Ne
A. 1. 3	Údaje o zpracovateli společné dokumentace	Ne
A. 2	Seznam vstupních podkladů	Ne
A. 3	Údaje o území	Ne
A. 4	Údaje o stavbě	Ne
A. 5	Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení	Ne
B.	Souhrnná technická zpráva	
B. 1	Popis území stavby	Ano
B. 2	Celkový popis stavby	Ano
B. 2. 1	Účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek	Ano
B. 2. 2	Celkové urbanistické a architektonické řešení	Ano
B. 2. 3	Celkové provozní řešení, technologie výroby	Ano
B. 2. 4	Bezbariérové užívání stavby	Ne
B. 2. 5	Bezpečnost při užívání stavby	Ne
B. 2. 6	Základní charakteristika objektů	Ano
B. 2. 7	Základní charakteristika technických a technologických zařízení	Ano
B. 2. 8	Požárně bezpečnostní řešení	Ne
B. 2. 9	Zásady hospodaření s energiemi	Ne
B. 2. 10	Hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí	Ne
B. 2. 11	Ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí	Ano
B. 3	Připojení na technickou infrastrukturu	Ano
B. 4	Dopravní řešení	Ano
B. 5	Řešení vegetace a souvisejících terénních úprav	Ano

B. 6	Popis vlivů stavby na životní prostředí a jeho ochrana	Ne
B. 7	Ochrana obyvatelstva	Ne
B. 8	Zásady organizace výstavby	Ano
C.	Situační výkresy	
C. 1	Situační výkres širších vztahů	Ne
C. 2	Celkový situační výkres	Ne
C. 3	Koordinační situační výkres	Ne
C. 4	Katastrální situační výkres	Ne
C. 5	Speciální situační výkres	Ne
D.	Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení	
D. 1	Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu	Ne
D. 1. 1	Architektonicko-stavební řešení	Ano
D. 1. 2	Stavebně konstrukční řešení	Ano
D. 1. 3	Požárně bezpečnostní řešení	Ne
D. 1. 4	Technika prostředí staveb	Ano
D. 2	Dokumentace technických a technologických zařízení	Ne
E.	Dokladová část	
E. 1	Závazná stanoviska, stanoviska, rozhodnutí, vyjádření dotčených orgánů	Ne
E. 2	Stanoviska vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury	Ne
E. 2. 1	Stanoviska vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury k možnosti a způsobu napojení, vyznačená například na situačním výkrese	Ne
E. 2. 2	Stanovisko vlastníka nebo provozovatele k podmínkám zřízení stavby, provádění prací a činností v dotčených ochranných a bezpečnostních pásmech podle jiných právních předpisů	Ne

E. 3	Geodetický podklad pro projektovou činnost zpracovaný podle jiných právních předpisů	Ne
E. 4	Projekt zpracovaný báňským projektantem	Ne
E. 5	Průkaz energetické náročnosti budovy podle zákona o hospodaření energií	Ne
E. 6	Ostatní stanoviska, vyjádření, posudky a výsledky jednání vedených v průběhu zpracování dokumentace	Ne

3.2. Rozdělení na etapy, stanovení směrů postupů výstavby etapových procesů

3.3. Technologický postup

3.3.1. Štěťová vrstva

Charakteristika řešeného prvku: Štěťová vrstva je podkladní vrstva z větších lomových plochých kamenů kladených ručně na stojato těsně k sobě. Cílem štěťové vrstvy je zamezit hromadění vody v podlaze a odvézt vlhkost.

Materiály: 18,2 m³ kamene šířky 100 -150 mm, délky 150 – 300 mm a výšky 150 – 250 mm

18,2 m³ zeminy pro násyp

Stavební připravenost: Před realizací štěťové vrstvy musí být dokončeny základy z kamene. Podkladní vrstvou bude nasypaná zemina na původní zemině tloušťky 150 mm do které se kameny budou ukládat.

Pracovní postup: Před zahájením prací na štěťové vrstvě je potřeba zkontrolovat, zdali jsou dokončené základy. Mezi základy se uloží násyp ze zeminy v tloušťce 150 mm do kterého se kameny budou vkládat. Kameny se kladou ručně těsně k sobě a pomocí gumové palice se zatlučou do zeminy. Při

pokládce začínáme v pravoúhlém rohu. Rovinnost se kontroluje pouze vizuálně, na štětovou vrstvu přijde štěrkový násyp, který nerovnosti vyrovná. Kameny se budou přemisťovat pomocí kolečka.

Pracovní kolektiv: Práci může vykonávat jeden pracovník sám. Doporučený počet pracovníků je šest, každý v jedné místnosti, aby si navzájem nepřekáželi.

Pracovní pomůcky: Gumová palice, pracovní kolečko.

Opatření při pracích za mimořádných podmínek: Práce se nesmí provádět za deště a sněhu. Vlhkost vzduchu, rychlost větru ani teplota práci neovlivní.

3.3.2. Dusaná hlína

Charakteristika řešeného prvku: Lehce zavlhlá hliněná směs poměru 65% písku k 35% jílu se dusá do dřevěného posuvného lešení tzv. sáněk. Dusání se provádí ručním pěchem po 12 -14 cm vrstvách.

Materiály: Jíl

Písek

Voda

Stavební připravenost: Před realizací svislých stěn z dusané hlíny musí být dokončeny základové pasy z kamene s vrchní břídlíkovou vrstvou, která slouží jako hydroizolace. V podlaze musí být zhotovena štětová vrstva, vrstva násypu a uloženy polštáře.

Pracovní postup: Před zahájením prací konstrukcí z dusané hlíny je potřeba zkontrolovat, zdali jsou hotové základové pasy a podlaha. Před samotným dusáním se připraví zařízení staveniště dle výkresu pro svislé konstrukce. Písek s jílem a vodou se budou míchat v kádích šlapáním bosýma nohama a dovážet v kolečku k místu dusání. Během zvyšování konstrukcí se bude stavět kolem obvodových zdí bambusové lešení s podlázkami. Hlína se do vyšších výšek bude dopravovat v kýblech pomocí kladky. Dřevěné bednění se zhotoví z fošen z jehličnatých stromů. Fošny budou dlouhé cca 3 m a vysoké cca 1 m. Stěny bednění budou semknuty dřevěným hranolem ve spod

a nahoře. Tloušťka dusané stěny je 40 cm. Důsledkem semknutí ve spod vzniknou ve fasádě díry, které se zacelí při omítání. Hliněná směs se vkládá do bednění ve vrstvách po 12 až 14 cm a udusá se ručním pěchem. Po udusání stěny do výškové úrovně bednění se sáňky posunou ve vodorovném směru a po dosažení stejné výškové úrovně vodorovného směru se postupuje ve směru horizontálním.

Obrázek 27 - Posuvné dřevěné bednění tzv. sáňky



Pracovní kolektiv: Pracovní kolektiv je vhodné rozdělit na dvě čety. Jedna četa míchá a dopravuje hlinu – minimálně dva míchači, pracovník s kolečkem, pracovník u kladky a druhá četa dusá – tři pracovníci, jeden na jeden metr délky sáněk.

Pracovní pomůcky: Dřevěné bednění tzv. sáňky, ruční pěch, kád', pracovní kolečko, kýbl, kladka, lešení.

Opatření při pracích za mimořádných podmínek: Práce se nesmí provádět za deště a sněhu. Vlhkost vzduchu a rychlost větru práci neovlivní. Teplota vzduchu nesmí klesnout pod 5°C.

3.3.3 Hliněné omítky

Charakteristika řešeného prvku: Hliněné omítky se budou aplikovat ve třech vrstvách. První vrstva bude podhoz v poměru 50% písku a 50% jílu. Na podhoz se nanáší hrubá omítka ke které se přidá ¼ objemu slaměné řezanky. Jemná omítka bude v poměru 85% maltového písku a 15% jílu.

Materiály: Jíl

Písek

Voda

Slaměná řezanka

Stavební připravenost: Před zahájením nahazování omítek musí být dokončeny svislé konstrukce.

Pracovní postup: Před zahájením prací je nutné zakrýt fólií všechny okrasné prvky překladů, parapetů a stropů. Zařízení staveniště se upraví pro práci na omítání dle výkresu dokončovacích prací. Všechny vrstvy se budou míchat v kádi šlapáním bosýma nohama. Jíl a písek ředíme vodou tak, aby se nám dobře pracovalo a dobře se konzistence lepila na stěny. Podhoz nahazujeme lopatou do plochy, v rozích, místech otvorů a u stropu zednickou špachtlí. Tloušťka podhozu by měla být okolo 5 mm. Materiál z místa míchání dopravujeme pomocí kolečka. V exteriéru do výšek pomocí kladky na lešení. V interiéru lešení nebude, pro práci u stropu použijeme dřevěnou stoličku, v interiéru bude zřízena provizorní lávka do 2.NP. Do směsi pro hrubou omítku přidáme ¼ objemu slaměné řezanky. Hrubou omítku nahazujeme ještě na ne zcela zaschlý podhoz a utahujeme hladítkem. Tloušťka hrubé omítky je 15 – 25 mm. Před jemnou omítkou následuje 3 týdny technologická pauza. Jemnou hliněnou omítku nanášíme v tloušťce 3 mm a uhlazujeme hladítkem.

Pracovní kolektiv: Pracovní kolektiv je vhodné rozdělit na dvě čety. Jedna četa na míchání hlíny druhá pro nahazování.

Pracovní pomůcky: Lopata, zednická špachtle, hladítko, kád', pracovní kolečko, kýbl, kladka, lešení.

Opatření při pracích za mimořádných podmínek: Práce se nesmí provádět za deště a sněhu. Vlhkost vzduchu a rychlost větru práci neovlivní. Teplota vzduchu nesmí klesnout pod 5°C.

3.4 Rozborový list

ROZBOROVÝ LIST

Technologická etapa	Pořadí	Sled dílčích procesů	Měrná jednotka	Množství	Norma času	Normová pracnost	Začlenění do procesu
Přípravné práce	1	Dřevěná stavební buňka	kus	1	16	16,00	1
	2	Výkácení stromů	kus	150	0,5	75,00	2
	3	Zpevněná plocha pro příjezd-šterk	m ²	1050	0,1	105,00	3
	4	Zpevněná plocha k potoku-kameny	m ²	260	1,3	338,00	4
	5	Hráz	kus	1	4	4,00	5
	6	Vytyčení staveniště	m ²	504,64	0,02	10,09	6
	7	Úprava terénu - odkopávky	m ³	398,4	1,72	685,25	7
	8	Přemístění a uložení zeminy	m ³	398,4	0,32	127,49	7
Zemní práce	9	Vytyčení základových pasů	m ²	74,24	0,02	1,48	8
	10	Hloubení rýh	m ³	65,9	1,88	123,89	9
	11	Přemístění a uložení zeminy	m ³	65,9	0,32	21,09	9
Základy	12	Základové pasy z kamene	m ³	77,3	4,3	332,39	10
	13	Násyp zeminy mezi pasy	m ²	121,4	0,15	18,21	11
	14	Štětová podlaha	m ³	18,2	3,9	70,98	12
	15	Násyp šterkového lože	m ³	36,42	0,19	6,92	13
	16	Uložení polštářů	m	165,2	0,32	52,86	13
	17	Uložení břidlice na základové pasy	m ³	7,42	4,3	31,91	14
1.NP - svislé kce	18	Bednění stěn 1.NP	m ²	459	0,3	137,70	15
	19	Dusání stěn 1.NP	m ³	93	4	372,00	15
	20	Odbednění stěn 1.NP	m ²	459	0,3	137,70	15
	21	Montáž lešení	m ²	213	0,3	63,90	16
	22	Uložení parapetů	m	27,4	0,25	6,85	17
	23	Uložení překladů	m	36,3	0,25	9,08	17
	24	Uložení věnce	m	92,8	0,45	41,76	17
1.NP - vodorovné kce	25	Montáž dřevěných sloupů	m	5	0,45	2,25	18
	26	Uložení trámů	m	178,6	0,45	80,37	19
	27	Záklop	m ²	141,2	1,2	169,44	20

	28	Položení fólie	m ²	141,2	0,04	5,65	20
	29	Násyp štěrku	m ²	141,2	0,19	26,83	21
	30	Uložení polštářů	m	165,2	0,32	52,86	21
2.NP - svislé kce	31	Bednění stěn 2.NP	m ²	459	0,3	137,70	22
	32	Dusání stěn 2.NP	m ³	93	4	372,00	22
	33	Odbednění stěn 2.NP	m ²	459	0,3	137,70	22
	34	Montáž lešení	m ²	213	0,3	63,90	23
	35	Uložení parapetů	m	30,38	0,25	7,60	24
	36	Uložení překladů	m	36,88	0,25	9,22	24
	37	Uložení věnce	m	92,8	0,45	41,76	24
2.NP - vodorovné kce	38	Montáž dřevěných sloupů	m	5	0,45	2,25	25
	39	Uložení trámů	m	189	0,45	85,05	26
	40	Záklop	m ²	149,2	1,2	179,04	27
	41	Položení fólie	m ²	149,2	0,04	5,97	27
	42	Tepelná izolace	m ³	149,2	0,45	67,14	28
	43	Hliněná podlaha	m ²	149,2	0,65	96,98	29
Střecha	44	Bednění atiky	m ²	107	0,3	32,10	30
	45	Dusání atiky	m ³	21,6	4	86,40	30
	46	Odbednění atiky	m ²	107	0,3	32,10	30
	47	Krov - obestavěný prostor	m ³	424,5	1,15	488,18	31
	48	Laťování	m ²	231	0,19	43,89	32
	49	Šindelová střecha	m ²	231	0,87	200,97	33
1.NP - omítky	50	Podhoz	m ²	326	0,1	32,60	35
	51	Hrubá omítka	m ²	326	0,16	52,16	35
	52	Jemná omítka	m ²	326	0,16	52,16	36
2.NP - omítky	53	Podhoz	m ²	326	0,1	32,60	37
	54	Hrubá omítka	m ²	326	0,16	52,16	38
	55	Jemná omítka	m ²	326	0,16	52,16	39
Fasáda	56	Podhoz	m ²	255	0,1	25,50	40
	57	Hrubá omítka	m ²	255	0,16	40,80	41
	58	Jemná omítka	m ²	255	0,16	40,80	42
	59	Osazení oken	kus	76	0,41	31,16	43
	60	Osazení dveří	kus	1	0,55	0,55	44
	61	Demontáž lešení	m ²	426	0,25	106,50	45
1.NP - podlahy	62	Fošnová podlaha	m ²	149,2	0,32	47,74	46
2.NP - podlahy	63	Fošnová podlaha	m ²	141,2	0,32	45,18	47
1.NP - dokonč. práce	64	Zádveří	m ²	40	0,65	26,00	48
	65	Obložkové zárubně	kus	5	0,85	4,25	49
	66	Schodiště	m ²	7,2	3,5	25,20	50
	67	Zábradlí	m	7,5	2,1	15,75	51
	68	Osazení dveří	kus	5	0,15	0,75	49
	69	Práh	kus	5	0,1	0,50	49
2.NP - dokonč. práce	70	Obložkové zárubně	kus	5	0,85	4,25	52

	71	Osazení dveří	kus	5	0,15	0,75	52
	72	Práh	kus	5	0,1	0,50	52
Okolí	73	Úklid staveniště	kus	1	32	32,00	53

3.5 Technologický normál

TECHNOLOGICKÝ NORMÁL

Technologická etapa	Pořadové číslo	Sled dílčích procesů	Celková pracnost	Počet pracovníků	Časový fond	Trvání	Dny
Přípravné práce	1	Dřevěná stavební buňka	16	2	16	1,00	1
	2	Výkácení stromů	75	2	16	4,69	5
	3	Zpevněná plocha pro příjezd-šterk	105	4	32	3,28	3
	4	Zpevněná plocha k potoku-kameny	338	6	48	7,04	7
	5	Hráz	4	1	8	0,50	1
	6	Vytyčení staveniště	10,09	2	16	0,63	
	7	Úprava terénu	812,74	10	80	10,16	10
Zemní práce	8	Vytyčení základových pasů	1,48	1	8	0,19	1
	9	Hloubení rýh	144,98	6	48	3,02	3
Základy	10	Základové pasy z kamene	332,39	10	80	4,15	4
	11	Násyp zeminy mezi pasy	18,21	2	16	1,14	1
	12	Štětová podlaha	70,98	4	32	2,22	2
	13	Šterkového lože s polštáři	59,78	4	32	1,87	2
	14	Uložení břidlice na základové pasy	31,91	4	32	1,00	1
1.NP - svislé kce	15	Dusané stěny 1.NP	647,4	8	64	10,12	10
	16	Montáž lešení	63,9	4	32	2,00	2
	17	Uložení dřevěných prvků	57,69	4	32	1,80	2
1.NP - vodorovné kce	18	Montáž dřevěných sloupů	2,25	2	16	0,14	
	19	Uložení trámů	80,37	4	32	2,51	2
	20	Záklop	175,09	6	48	3,65	4
2.NP - svislé kce	21	Šterkové lože s polštáři	79,69	4	32	2,49	3
	22	Dusané stěny 2.NP	647,4	8	64	10,12	10
	23	Montáž lešení	63,9	4	32	2,00	2
2.NP - vodorovné kce	24	Uložení dřevěných prvků	58,58	4	32	1,83	2
	25	Montáž dřevěných sloupů	2,25	2	16	0,14	
	26	Uložení trámů	85,05	4	32	2,66	2
Střecha	27	Záklop	185,01	6	48	3,85	4
	28	Tepelná izolace	67,14	4	32	2,10	2
	29	Hliněná podlaha	96,98	4	32	3,03	3
	30	Dusaní atiky	150,6	6	48	3,14	3
	31	Krov - obestavěný prostor	488,18	8	64	7,63	8

	32	Latování	43,89	2	16	2,74	3
	33	Šindelová střecha	200,97	6	48	4,19	4
1.NP - omítky	34	Podhoz	32,6	4	32	1,02	1
	35	Hrubá omítka	52,16	4	32	1,63	2
	36	Jemná omítka	52,16	4	32	1,63	2
2.NP - omítky	37	Podhoz	32,6	4	32	1,02	1
	38	Hrubá omítka	52,16	4	32	1,63	2
	39	Jemná omítka	52,16	4	32	1,63	2
Fasáda	40	Podhoz	25,50	4	32	0,80	1
	41	Hrubá omítka	40,80	4	32	1,28	1
	42	Jemná omítka	40,8	4	32	1,28	1
	43	Osazení oken	31,16	4	32	0,97	1
	44	Osazení dveří	0,55	2	16	0,03	
	45	Demontáž lešení	106,5	6	48	2,22	2
1.NP - podlahy	46	Fošnová podlaha	47,74	4	32	1,49	3
2.NP - podlahy	47	Fošnová podlaha	45,18	4	32	1,41	
1.NP - dokonč. práce	48	Zádveří	26	2	16	1,63	1
	49	Obložkové zárubně, dveře, práh	5,5	1	8	0,69	1
	50	Schodiště	25,2	2	16	1,58	2
	51	Zábradlí	15,75	2	16	0,98	1
2.NP - dokonč. práce	52	Obložkové zárubně, dveře, práh	5,5	1	8	0,69	1
Okolí	53	Úklid staveniště	32	4	32	1,00	1

3.6 Časoprostorový graf

3.7 Zařízení staveniště

4. Doporučení pro další postup

Bakalářská práce se nezabývá návrhem technických zařízení budovy. Teoretická část nastiňuje návrhy pro využití přírodních zdrojů. Vhodné se jeví provést otopný systém pomocí geotermálních pramenů. Díky nim v potoce také celoročně nezamrzá voda, což umožňuje vybudování vodní elektrárny. Kanalizace může být řešena kořenovou čističkou odpadních vod nebo se může vybudovat menší bioplynová stanice napojená na jednoduchý reaktor pro využití bioplynu na vaření.

5. Závěr

Bakalářská práce nastiňuje problematiku stavitelství v rozvojových zemích. V teoretické části jsou popsány základní informace, z kterých vychází konstrukční a materiálové řešení. Stavebně technologický projekt je zpracován v základním rozsahu.

6. ZDROJE

Knižní zdroje:

BENEŠOVÁ, J. Všeobecná encyklopedie v osmi svazcích. 6. P-R. Praha: Diderot, 1999. ISBN 80-90255-58-2.

FOLTÝN, J., HOLUB, A., ORDUNG, A. Rozvojová ekonomika. Praha: Oeconomica, 1997. ISBN 80-7079-423-2.

FRASER, N., BHATTACHARYA, A., BHATTACHARYA, B. Geography of a Himalayan Kingdom: Bhutan. New Delhi: Concept Publishing Company, 2001. ISBN 81-7022-887-5.

HAVLÍČEK, V., SOUČEK, K. Stavby z nepálené hlíny. Praha: Státní

zemědělské nakladatelství, 1958.

KUNA, Z. Rozvojové země ve světové ekonomice. Praha: Credit, 2004. ISBN 80-213-1134-7.

MINKE, G. Příručka hliněného stavitelství. Bratislava: Pagoda, 2009. ISBN 978-80-969698-2-1.

SIMERAL K.D., 1998: Using constructed Wetlands for Removing Contaminants from Livestock Wastewater, Ohio State University Fact Sheet

VYMAZAL J., 2002: The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years of experience, Ecological Engineering 18 (2002)

VYMAZAL J., 1995: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. Třeboň

WAIŠOVÁ, Š. Ve stínu modernity: perspektivy a modernity rozvoje. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2005. ISBN 80-86898-54-7.

ŽABIČKOVÁ, I. Hliněné stavby. Brno: ERA group, 2002. ISBN: 80-86517-21- 7.

Internetové zdroje:

BRINKLEY, Leslie. Civil engineer documents poor Haiti infrastructure. In: *abc 7 NEWS* [online]. ABC7, 2010. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://abc7news.com/archive/7238950/>

Gasa, Punakha Monthly Climate Average, Bhutan, 2017 [Online]. [cit. 25.4.2017]. Dostupné z: <https://www.worldweatheronline.com/gasa-weather-averages/punakha/bt.aspx>

FIŠER, Jan, JAROŠ Michal. Simulace solárních zisků v dvojité energetické fasádě [online]. [cit. 2017-0,-13]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/publikace/SB2004.pdf>

Green Passive Solar Magazine, Orientation / South Facing Windows, [Online]. [cit. 10.3.2017]. Dostupné z: <https://greenpassivesolar.com/passive-solar/building-characteristics/orientation-south-facing-windows/>

India Travel & Photography Blog, Travel Photography Tour to Bhutan , 2012 [Online]. Darter Photography [cit. 4.4.2017]. Dostupné z: <http://travel.paintedstork.com/blog/darter/travel-photography-tour-to-bhutan#itinerary>

JENINBHUTAN. Architecture and Construction Bhutan style, 2014 [Online]. Batesjenc. [cit. 10.4.2017]. Dostupné z: <https://jeninbhutan.wordpress.com/2014/09/03/14-architecture-and-construction-bhutan-style/>

Journey with Robert Thurman in Bhutan , 2017 [Online]. Emily Davidow [cit. 15.3.2017]. Dostupné z: <http://www.journeywithrobertthurman.com/press/photos/>

SMRŽ, Milan. Stavební hmoty v rozvojové spolupráci z hlediska udržitelnosti [online]. Praha, 2010. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: http://www.adepts.cz/soubory/studie_stavebni_hmoty.pdf

The King is Coming!, 2012 [Online]. Sharry Miller [cit. 10.4.2017]. Dostupné z: <http://sharrymiller.typepad.com/a-muse-ingtidbits/2012/05/the-king-is-coming.html>

Trombeho stěna a další chytré nápady na úspory ve vytápění, 2010 [Online]. David Daniel [cit. 10.3.2017]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/trombeho-stena-a-dalsi-chytre-napady-na-uspory-ve-vytapeni.aspx>

Udržitelný rozvoj. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2015. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj

United Nations Development programme (UNDP) and Bhutan. 2006. Common Country Assessment for Bhutan. Dostupné z : <http://www.asia-pacific.undp.org/content/dam/rbap/docs/programme-documents/cca/BT-CCA-2006.pdf>

Ueda, Akiko. 2003. Culture and Modernisation: From the Perspectives of Young People in Bhutan. Dostupné z:

<http://www.bhutanstudies.org.bt/culture-and-modernisation-from-the-perspectives-of-young-people-in-bhutan/>

Odborné publikace:

Pain, Adamand Pema, Deki. 2004. The Matrilineal Inheritance of Land in Bhutan. Journal of Contemporary South Asia, Volume 13, Issue 4

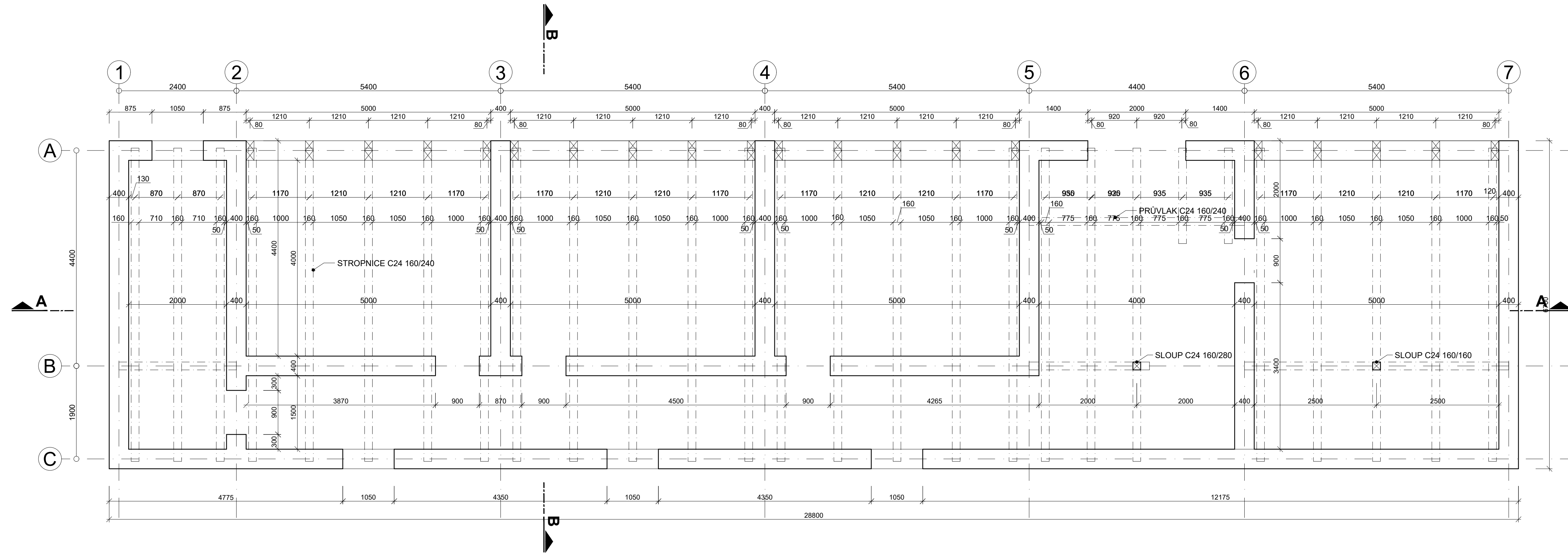
Seznam obrázků:

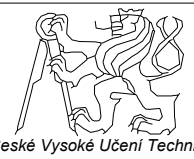
Obrázek 1 - Stát Bhútán	15
Obrázek 2 - Politická mapa Bhútánu s vyznačením města Gasa.....	16
Obrázek 3 - Geologická mapa Bhútánu	17
Obrázek 4 - Vertikální rozdělení půd Okazim	18
Obrázek 5 - Maximální, minimální a průměrné teploty roku 2016 v Gase.....	19
Obrázek 6 - Průměrné hodnoty dešťových srážek roku 2016 v Gase.....	19
Obrázek 7 - Průměrné hodnoty sněhových srážek roku 2016 v Gase	20
Obrázek 8 - Průměrné hodnoty oslunění roku 2016 v Gase	20
Obrázek 9 - Maximální a průměrné hodnoty rychlosti větru roku 2016 v Gase	21
Obrázek 10 - Průměrná oblačnost a vlhkost roku 2016 v Gase	21
Obrázek 11 - Punakha Dzong – druhý nejstarší a největší dzong v Bhútánu vystavěný v letech 1637 – 38.....	23
Obrázek 12 - Paro Taktsang známý jako Tygří hnízdo, základní kámen kláštera byl položen roku 1692, v roce 1998 však zde vypuknul požár, obnova kláštera trvala až do roku 2005	23
Obrázek 13 - Ukázka venkovského stavitelství: dusaná hlína, bohatá řezbářská výzdoba a populární plechová střecha	25
Obrázek 14 - Ukázka domu s rabsalem.....	25
Obrázek 15 - Příklad konstrukce střechy náchylné k poškození.....	26
Obrázek 16 - Dusání svislých stěn pomocí dřevěného posuvného bednění.....	27

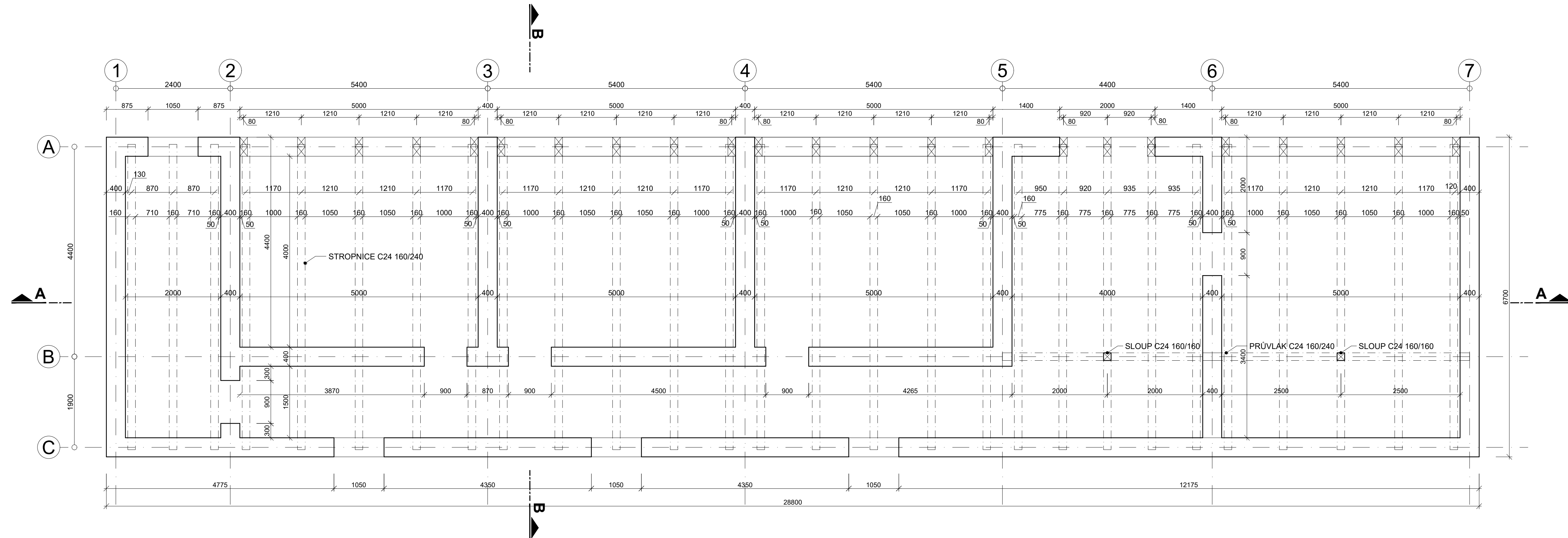
Obrázek 17 - Dusání je hlavně ženská práce, kterou rytmicky doprovázejí zpěvem	28
Obrázek 18 - Dřevěné dekorace	29
Obrázek 19 - Sušení chili na dřevěné střeše	30
Obrázek 20 – Trombeho stěna – provoz v létě	31
Obrázek 21 - Trombeho stěna – provoz podzim - jaro	32
Obrázek 22 – vliv slunečního záření v létě a zimě	32
Obrázek 23 – Vliv geotermálního tepla	33
Obrázek 24 - Město Gasa	36
Obrázek 25 - Umístění školy s výhledem do údolí nedaleko potoka a termálních pramenů	37
Obrázek 26 – Výpočet v program SCIA ENGINEERING	41
Obrázek 27 - Posuvné dřevěné bednění tzv. sáňky.....	50

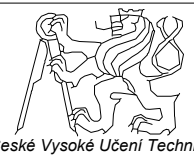
Seznam tabulek:

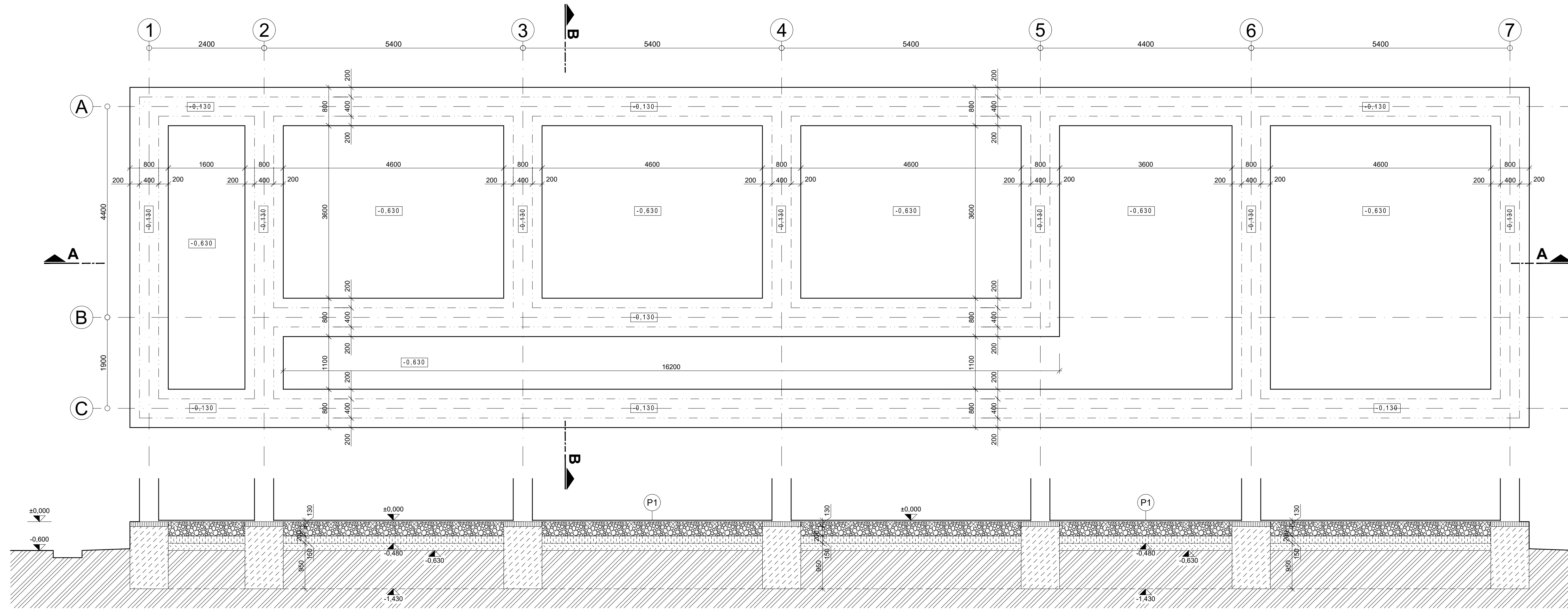
Tabulka 1 - Počet škol, studentů a vyučujících v Bhútánu	14
Tabulka 2 - Počet škol, studentů a vyučujících v regionu Gasa	15
Tabulka 3 - zatížení	40
Tabulka 4 - zatížení	42
Tabulka 5 - Zhodnocení projektové dokumentace podle přílohy č. 4 k vyhlášce č. 499/2006 Sb.....	45



vypracovala	Natálie Muchová	 České Vysoké Učení Technické
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50
výkres	konstrukční systém 1NP	č.výkresu: 01

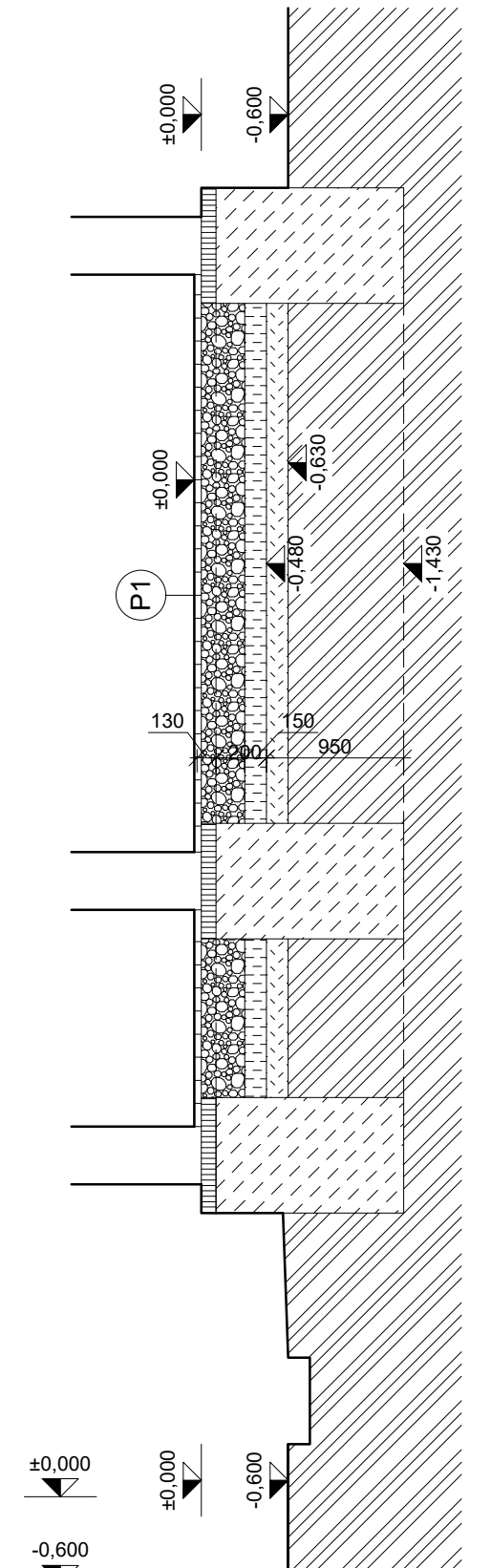


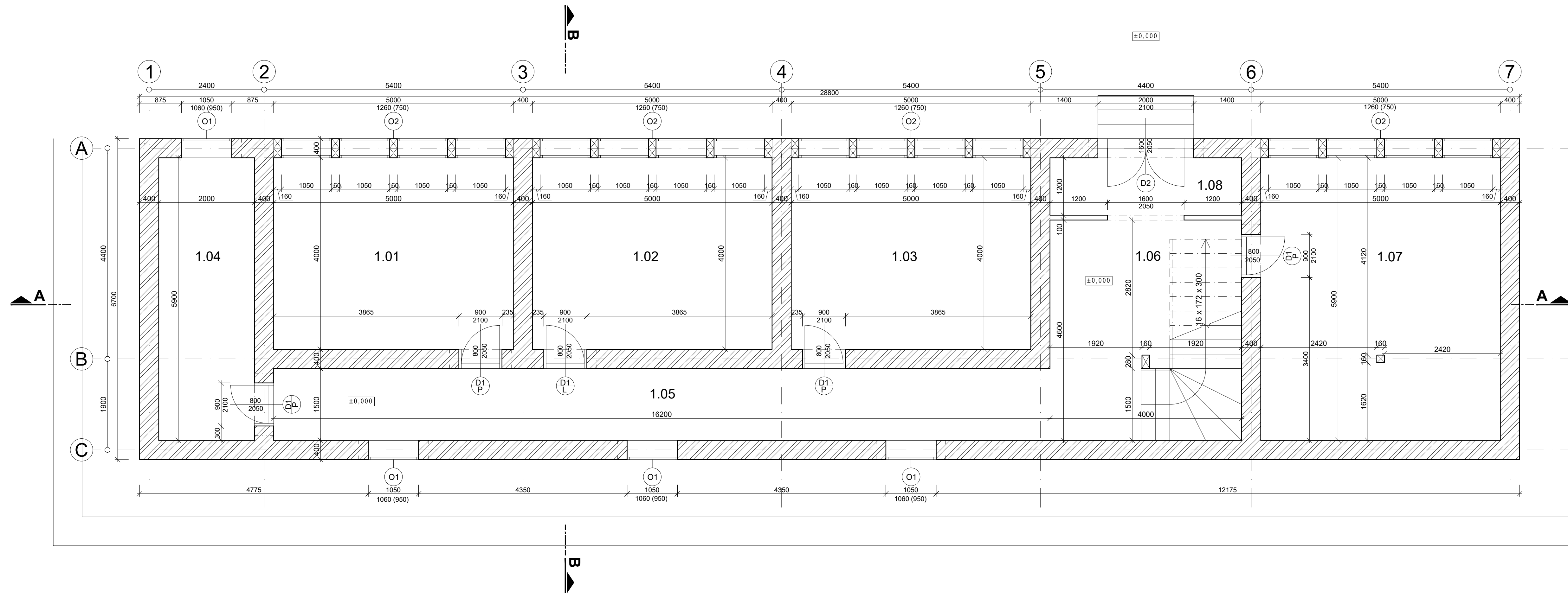
vypracovala	Natálie Muchová	 České Vysoké Učení Technické
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50
výkres	konstrukční systém 2NP	č.výkresu: 02



vypracovala	Natálie Muchová
katedra	technologie staveb
obor	příprava, realizace a provoz staveb
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.
stavba	škola v Bhútánu
výkres	základy


 České Vysoké Učení Technické
 měřítko: 1:50
 č. výkresu: 03



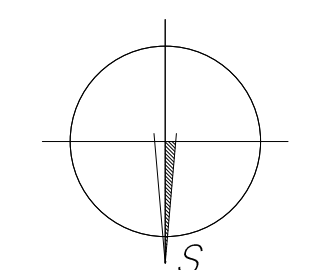


LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

ČÍSLO	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
1.01	TŘÍDA	20 m ²
1.02	TŘÍDA	20 m ²
1.03	TŘÍDA	20 m ²
1.04	WC	11.8 m ²
1.05	CHODBA	24.3 m ²
1.06	HALA	18.4 m ²
1.07	SPOLEČNSKÁ MÍSTNOST	29.5 m ²
1.08	ZÁDVEŘÍ	4.8 m ²

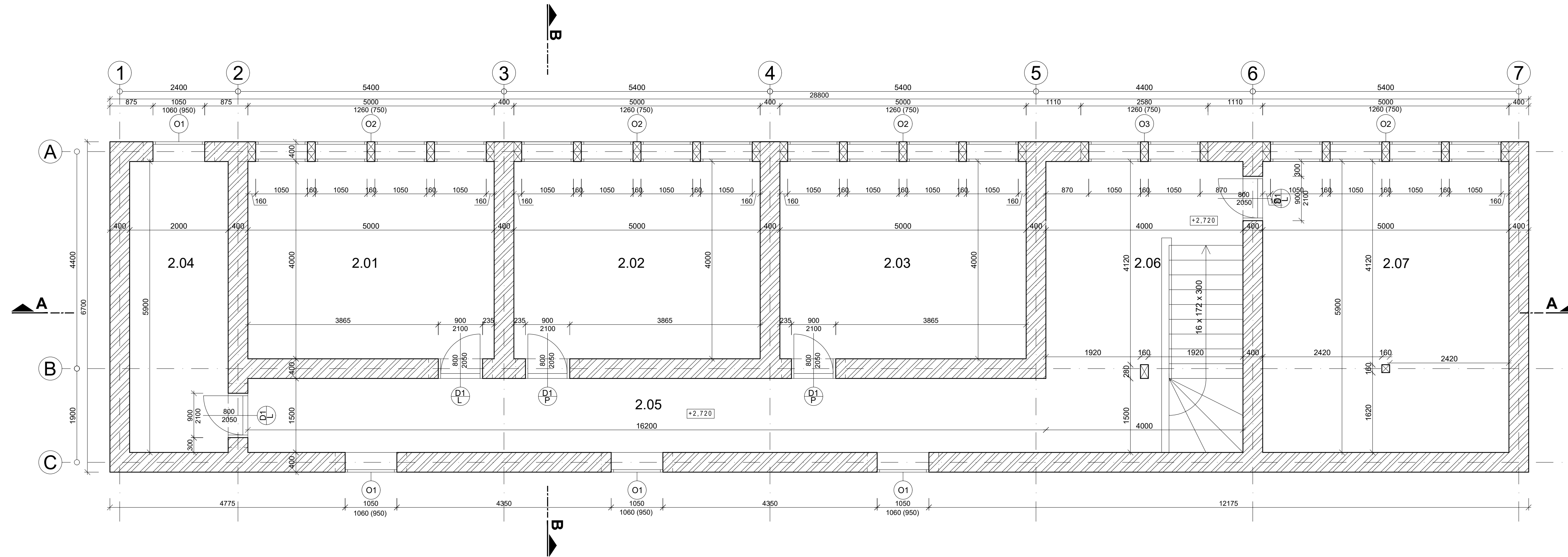
LEGENDA MATERIÁLŮ:

- DUSANÁ HLÍNA
- ZÁKLAD Z KAMENE
- STĚRK
- ROSTLÝ TERÉN
- ZEMNÍ NÁSYP
- BŘIDLICE (HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA)
- STĚTOVÁ PODLAHA
- DŘEVĚNÉ PRVKY
- ŘEZANKA SLÁMY



±0,000 = 2850 m.n.m, výškový systém Balt pv

vypracovala	Natálie Muchová		
katedra	technologie staveb		
obor	příprava, realizace a provoz staveb		
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.		
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50	č.výkresu: 04
výkres	půdorys 1NP		

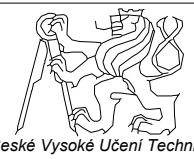


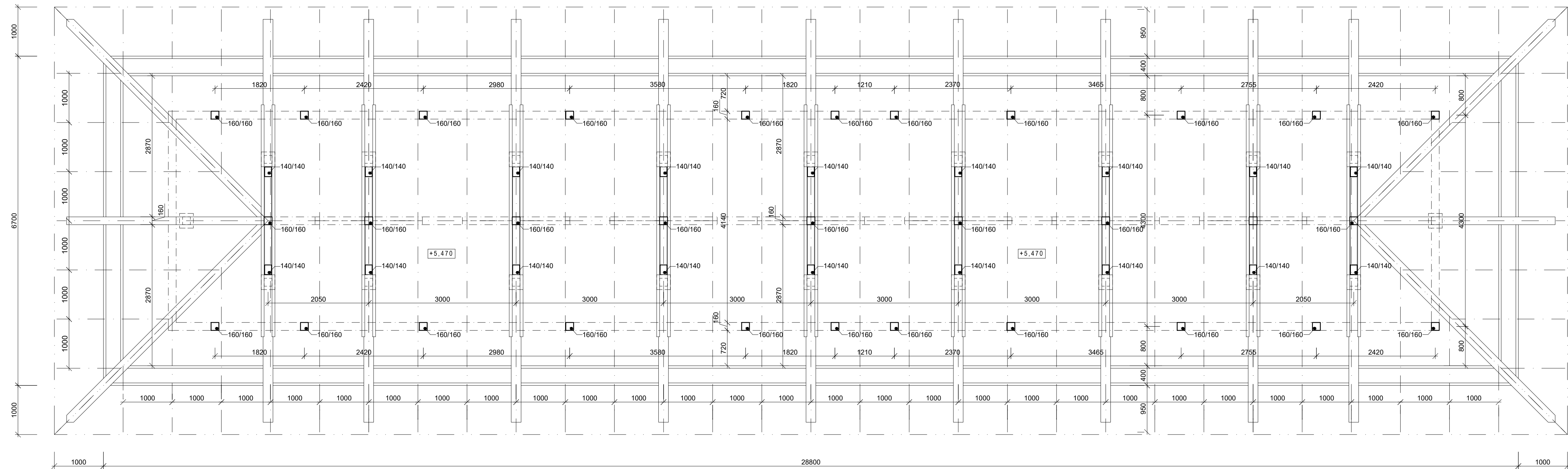
LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

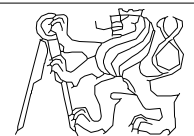
ČÍSLO	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA (m ²)
2.01	POKOJ	20 m ²
2.02	POKOJ	20 m ²
2.03	POKOJ	20 m ²
2.04	SKLAD	11.8 m ²
2.05	CHODBA	24.3 m ²
2.06	HALA	18.4 m ²
2.07	TŘÍDA PRO ŠKOLKU	29.5 m ²

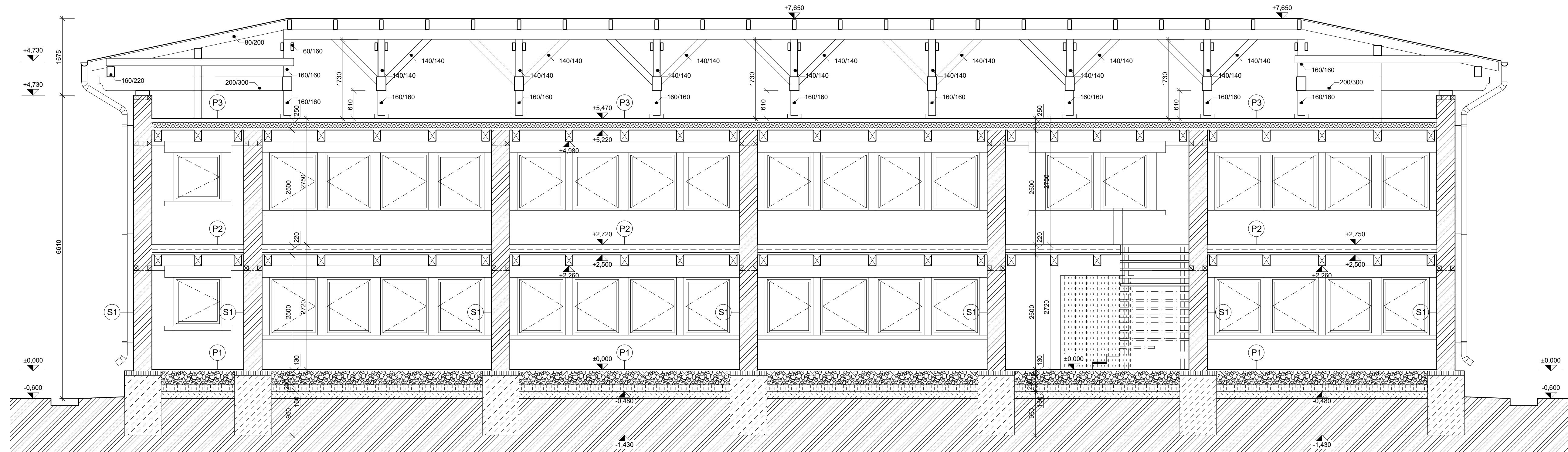
LEGENDA MATERIÁLŮ:

- DUSANÁ HLÍNA
- ZÁKLAD Z KAMENE
- ŠTĚRK
- ROSTLÝ TERÉN
- ZEMNÍ NÁSYP
- BŘIDLICE (HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA)
- ŠTĚTOVÁ PODLAHA
- DŘEVĚNÉ PRVKY
- ŘEZANKA SLÁMY

vypracovala	Natálie Muchová	 <small>České Vysoké Učení Technické</small>	
katedra	technologie staveb		
obor	příprava, realizace a provoz staveb		
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.		
stavba	škola v Bhútánu	měřítko:	č.výkresu:
výkres	půdorys 2NP	1:50	05



vypracovala	Natálie Muchová	 České Vysoké Učení Technické
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50
výkres	půdorys krovu	č. výkresu: 06



LEGENDA MATERIÁLŮ:

- DUSANÁ HLÍNA
- ZÁKLAD Z KAMENE
- ŠTĚRK
- ROSTLÝ TERÉN
- ZEMNÍ NÁSYP
- BRÍDLICE (HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA)
- ŠTĚTOVÁ PODLAHA
- DŘEVĚNÉ PRVKY
- ŘEZANKA SLÁMY

S1 hliněná omítka 30 mm
 dusaná hlína 400 mm
 hliněná omítka 30 mm

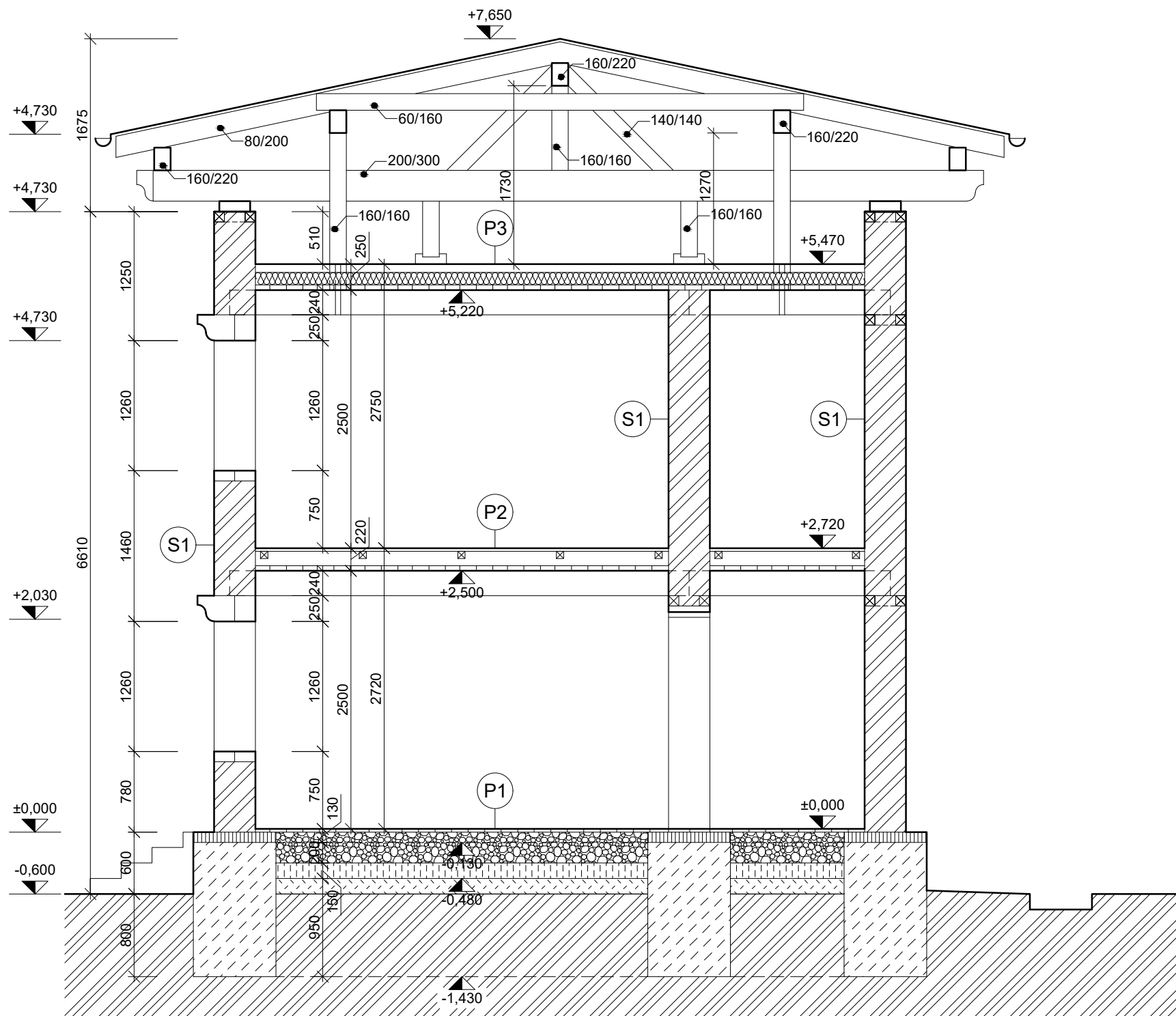
S2 dřevěná konstrukce 100 mm

P1 dřevěná podlaha 30 mm
 polštáře z hranolů 100 mm
 štěrkový násyp 300 mm
 štětová podlaha 150 mm

P2 dřevěná podlaha 30 mm
 štěrkový násyp 140 mm
 polštáře z hranolů 70 mm
 fólie -
 záklop 50 mm
 trámy 240 mm

P3 hliněná podlaha 80 mm
 tepelná izolace - sláma 120 mm
 fólie -
 záklop 50 mm
 trámy 240 mm

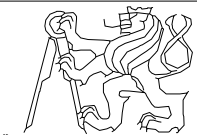
vypracovala	Natálie Muchová	 České Vysoké Učení Technické	
katedra	technologie staveb		
obor	příprava, realizace a provoz staveb		
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.		
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50	č. výkresu: 07
výkres	řez A		

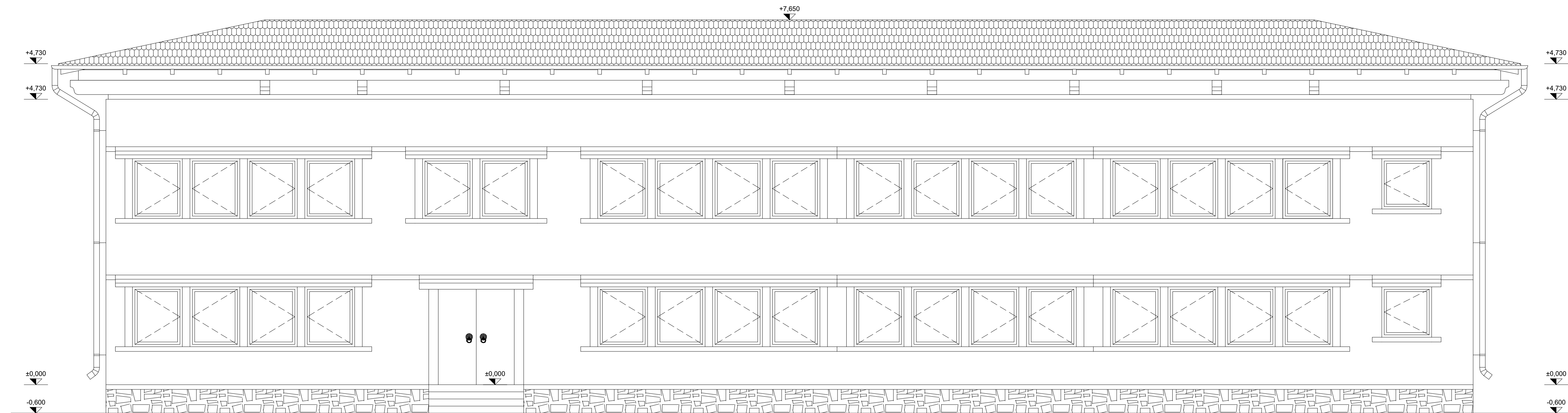


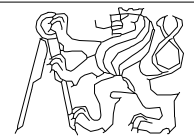
LEGENDA MATERIÁLŮ:

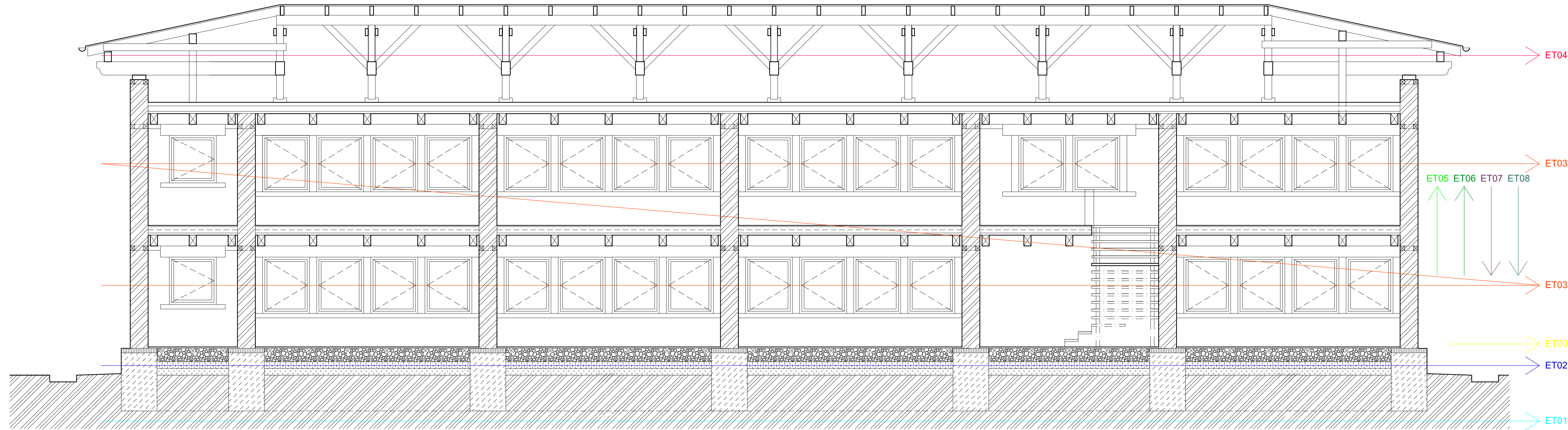
- DUSANÁ HLÍNA
- ZÁKLAD Z KAMENE
- ŠTĚRK
- ROSTLÝ TERÉN
- ZEMNÍ NÁSYP
- BŘIDLICE (HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA)
- ŠTĚTOVÁ PODLAHA
- DŘEVĚNÉ PRVKY
- ŘEZANKA SLÁMY

- (S1)** hliněná omítka 30 mm
dusaná hlína 400 mm
hliněná omítka 30 mm
- (S2)** dřevěná konstrukce 100 mm
- (P1)** dřevěná podlaha 30 mm
poštáře z hranolů 100 mm
štěrkový násyp 300 mm
štětová podlaha 150 mm
- (P2)** dřevěná podlaha 30 mm
štěrkový násyp 140 mm
poštáře z hranolů 70 mm
fólie -
záklop 50 mm
trámy 240 mm
- (P3)** hliněná podlaha 80 mm
tepelná izolace - sláma 120 mm
fólie -
záklop 50 mm
trámy 240 mm

vypracovala	Natálie Muchová	 České Vysoké Učení Technické
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50
výkres	řez B	č.výkresu: 08



vypracovala	Natálie Muchová	 <small>České Vysoké Učení Technické</small>	
katedra	technologie staveb		
obor	příprava, realizace a provoz staveb		
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.		
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:50	č. výkresu: 09
výkres	pohled jižní		



TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA:

ČÍSLO	ETAPA	SMĚR
ET00	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	HORIZONTÁLNÍ
ET01	ZEMNÍ PRÁCE	HORIZONTÁLNÍ
ET02	ZÁKLADY	HORIZONTÁLNÍ
ET03	HRUBÁ VRCHNÍ STAVBA	HORIZONTÁLNĚ VZESTUPNÁ
ET04	STŘECHA	HORIZONTÁLNÍ
ET05	OMÍTKY	VERTIKÁLNĚ VZESTUPNÁ
ET06	FASÁDA	VERTIKÁLNĚ VZESTUPNÁ
ET07	PODLAHY	VERTIKÁLNĚ SESTUPNÁ
ET08	DOKČOVACÍ PRÁCE	VERTIKÁLNĚ SESTUPNÁ

vypracovala **Natálie Muchová**
 katedra **technologie staveb**
 obor **příprava, realizace a provoz staveb**
 vedoucí **Ing. Michal Procházka Ph.D.**



stavba **škola v Bhútánu**
 výkres **technologické schéma**

měřítka: **1:50** č.výkresu: **10**

CESTA DO MĚSTA GASA

NOVÁ VYŠTĚRKOVANÁ
CESTA KE ŠKOLE
350 m

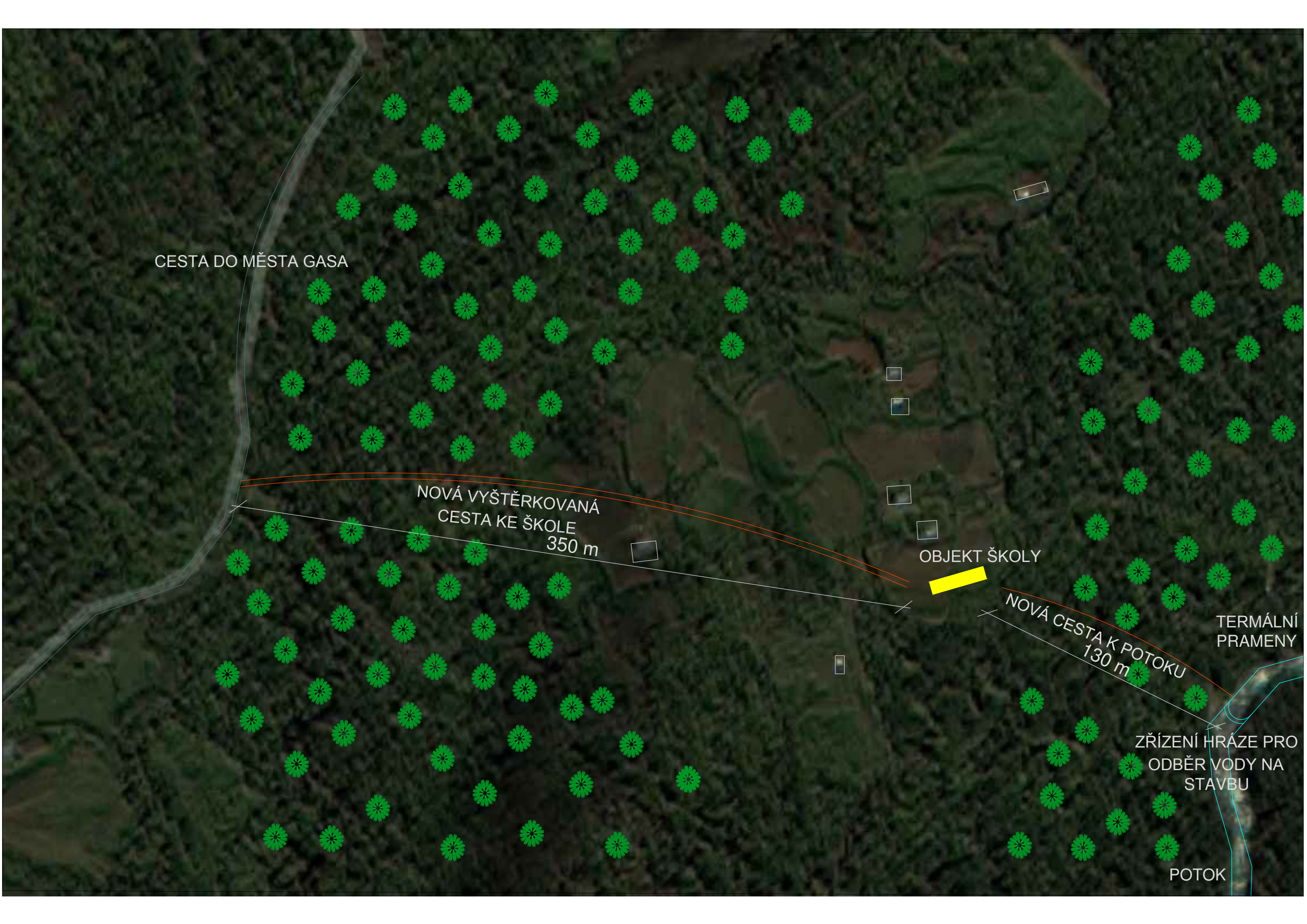
OBJEKT ŠKOLY

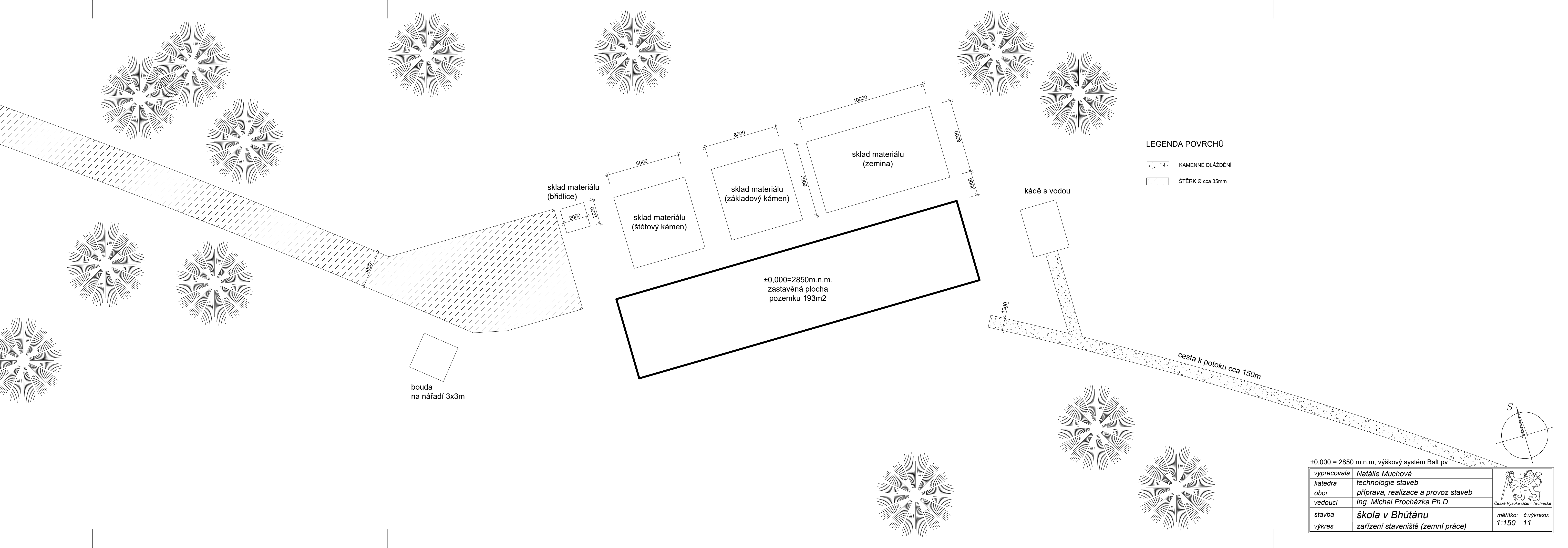
NOVÁ CESTA K POTOKU
130 m

TERMÁLNÍ
PRAMENY



ZŘÍZENÍ HRÁZE PRO
ODBĚR VODY NA
STAVBU

POTOK

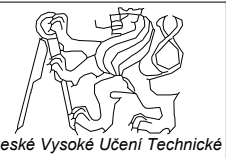


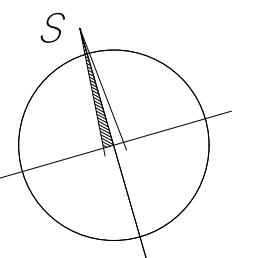


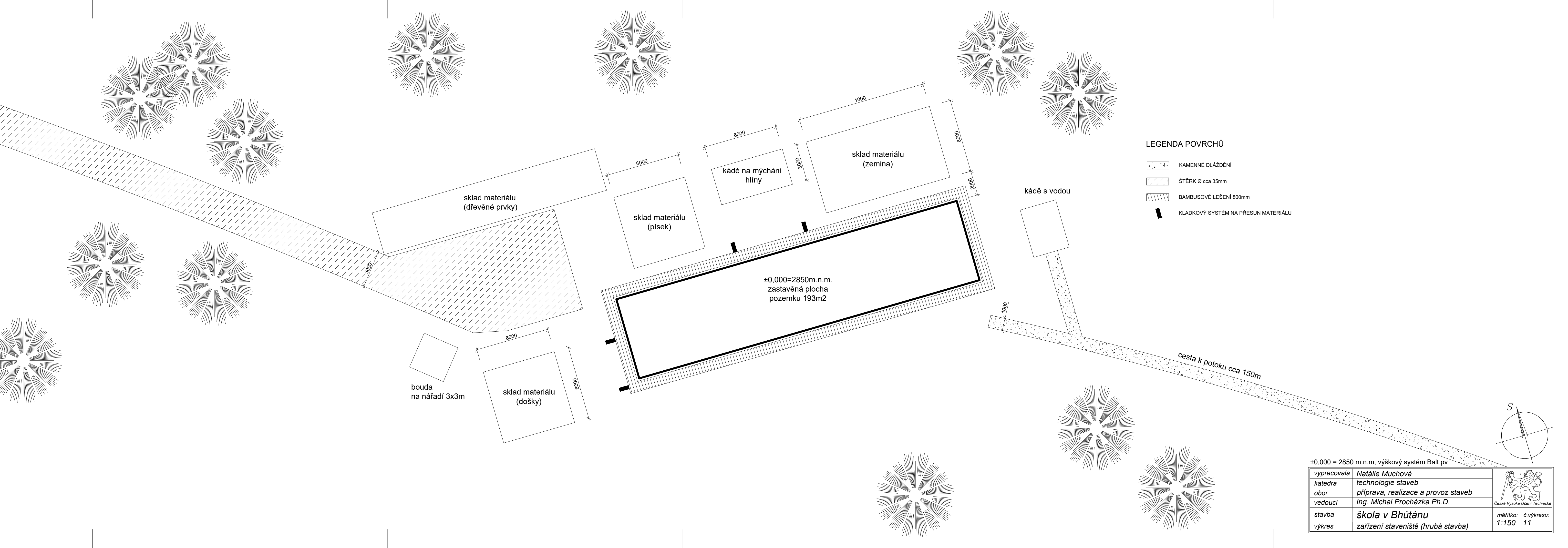
LEGENDA POVRCHŮ





-  KAMENNÉ DLÁŽDĚNÍ
-  ŠTĚRK Ø cca 35mm

±0,000 = 2850 m.n.m, výškový systém Balt pv

vypracovala	Natálie Muchová	
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:150
výkres	zařízení staveniště (zemní práce)	č. výkresu: 11

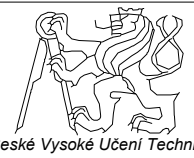


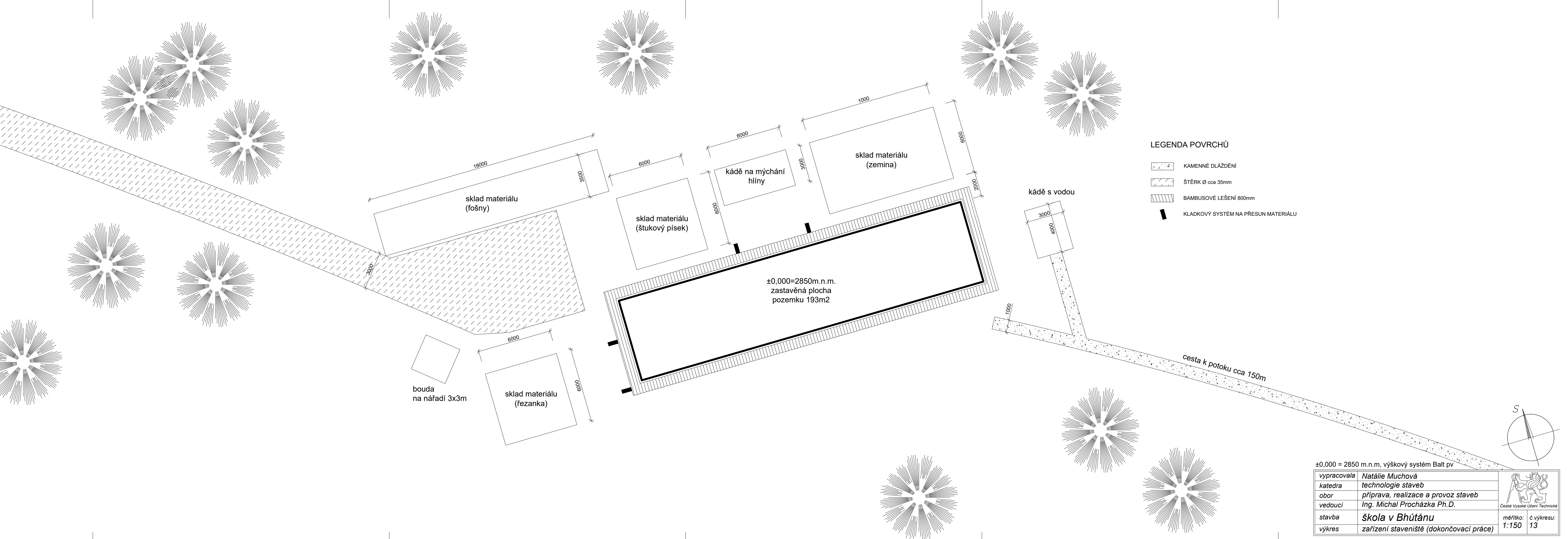


- LEGENDA POVRCHŮ**
-  KAMENNÉ DLÁŽDĚNÍ
 -  ŠTĚRK Ø cca 35mm
 -  BAMBUSOVÉ LEŠENÍ 800mm
 -  KLDKOVÝ SYSTÉM NA PŘESUN MATERIÁLU





±0,000=2850m.n.m.
zastavěná plocha
pozemku 193m²

±0,000 = 2850 m.n.m., výškový systém Balt pv

vypracovala	Natálie Muchová	
katedra	technologie staveb	
obor	příprava, realizace a provoz staveb	
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.	
stavba	škola v Bhútánu	měřítko: 1:150
výkres	zařízení staveniště (hrubá stavba)	č. výkresu: 11




LEGENDA POVRCHŮ

-  KAMENNÉ DLÁŽDĚNÍ
-  ŠTĚRK Ø cca 35mm
-  BAMBUSOVÉ LEŠENÍ 800mm
-  KLDKOVÝ SYSTÉM NA PŘESUN MATERIÁLU

±0,000 = 2850 m.n.m., výškový systém Balt pv

vypracovala	Natálie Muchová
katedra	technologie staveb
obor	příprava, realizace a provoz staveb
vedoucí	Ing. Michal Procházka Ph.D.
stavba	škola v Bhútánu
výkres	zařízení staveniště (dokončovací práce)

 České Vysoké Učení Technické	měřítko:	č. výkresu:
	1:150	13